H. J. VAN LEUSEN

Landmeten en waterpassen



LANDMETEN
EN
WATERPASSEN

DOOR

H. J. VAN LEUSEN
OUD-HOOFD VAN DE TECHNISCHE DIENST DER
NED. HEIDEMAATSCHAPPIJ

ZESDE DRUK



UITGEVERIJ WALTMAN — DELFT

VOORWOORD VAN PROF. IR. W. SCHERMERHORN BIJ DE VIERDE DRUK.

Geboren uit en aanvankelijk aangepast aan de practijk van de schrijver bij de Nederlandse Heide Maatschappij is het „Landmeten en Waterpassen" van de heer Van Leusen geleidelijk gegroeid tot een leerboek voor al die verschillende technici, die met zodanig landmeetkundig werk te maken krijgen, dat daarbij de meer wetenschappelijke beoefening van het vak gemist kan worden.

Er bestaan meer werkjes in onze taal, die hetzelfde beogen. Mijn uitgesproken voorkeur voor *deze* uitgave, zowel voor het middelbaar onderwijs in dit vak, als voor mensen in de practijk, laat zich misschien verklaren door het feit, dat dit boekje meer de sporen van de practijk van de schrijver draagt dan vaak met dit soort boekjes over het landmeten het geval is. De schrijver heeft bovendien steeds op uitnemende wijze gevolg gegeven aan wenken uit zijn lezerskring, hetgeen het geheel ten goede is gekomen.

Als zulk een verbetering is voor deze druk te beschouwen het nieuwe hoofdstuk X. Menige opzichter kon aan de hand van dit boekje een detailmeting uitvoeren of een driehoeksnet meten en berekenen. Mijn ervaring met zulk werk in de practijk is echter, dat meestal de zo nuttige aansluiting der eigen metingen aan het net der Rijksdriehoeksmeting achterwege bleef. In de gebruikelijke litteratuur werd dat niet behandeld. Het is daarom een vooruitgang, dat de schrijver door dé stof uit hoofdstuk X dit onderwerp onder de aandacht zijner lezers heeft gebracht.

Het is voor de beoefening der landmeetkunde van belang, dat de middelbare technici over een goed boek beschikken. Daarom acht ik het een gelukkig verschijnsel, dat de herhaalde uitgave van dit boek telkens weer verbetering mogelijk maakt. Met deze druk is het laatste woord natuurlijk niet gesproken! Moge de lezer de inhoud van dit boek daarom toetsen aan zijn practijk en dan de schrijver eventuele nuttige ervaringen niet onthouden. Slechts op deze wijze ontstaan waarlijk goede leerboeken.

W. SCHERMERHORN.

Delft, September 1936.

BIJ DE VIJFDE DRUK.

Van Landmeten en Waterpassen verschijnt hiermede de vijfde druk; wederom is de inhoud vergroot, thans in hoofdzaak door een Hoofdstuk XVI over „Dubbelbeeld-Afstandmeting". Bovendien werden op verschillende plaatsen verbeteringen en wijzigingen aangebracht, welke voornamelijk hun ontstaan dankten aan opmerkingen en welwillende kritiek van deskundigen, in het bijzonder van de zijde van de Vereniging voor Kadaster en Landmeetkunde.

Hoofdstuk XIV werd geheel omgewerkt en door de bijbehorende figuren meer in overeenstemming gebracht met de huidige begrippen omtrent deze zaken.

Wederom werd dankbaar gebruik gemaakt van de cliché's van instrumenten der Firma's G. de Koningh, Zeiss en Wild. Aan allen die blijk gaven van hun belangstelling bij de bewerking van de nieuwe druk mijn hartelijke dank: in het bijzonder aan de Heer Kruidhof, lector aan de Landbouwhogeschool te Wageningen, voor zijn wenken bij de samenstelling van Hoofdstuk XVI.

Ten slotte is de schrijver zich er volkomen van bewust, „dat met deze druk het laatste woord niet is gesproken," zoals Prof. Schermerhorn zich in zijn voorwoord bij de vierde druk uitsprak. Moge de lezer zich de woorden van Z. H. G. aan het slot van zijn voorwoord tot de zijne maken.

H. J. VAN LEUSEN.

Arnhem, Augustus 1943.

BIJ DE ZESDE DRUK.

De voornaamste wijziging, die de vorige druk onderging, betreft de volgorde der Hoofdstukken VIII en IX. Een wijziging, welke haar ontstaan dankte aan de mening van welwillende lezers, hoofdzakelijk uit de kringen van „Kadaster en Landmeetkunde".

Erkend moet worden, dat daardoor beter de grote regel om te meten „van het grote in het kleine" wordt nagestreefd.

Overigens werd volstaan met het aanvullen en verduidelijken van de tekst, in het bijzonder bij Hoofdstukken VIII en X.

Aan de firma's de Koningh te Arnhem en N.V. Wed. J. Ahrend en Zoon te Amsterdam betuig ik hierbij mijn dank voor de ter beschikking gestelde cliché's.

Moge dan deze zesde druk wederom een gunstig onthaal vinden.

H. J. VAN LEUSEN.

Arnhem, Augustus 1947.

INHOUD

TWEEDE GEDEELTE. WATERPASSEN.

INLEIDING

Onder landmeten verstaat men die wetenschap, welke ten doel heeft om de grootte of de vorm van een gedeelte van het aardoppervlak, of ook wel van de gehele aarde op te meten.

Teneinde de uitkomsten van een dergelijke opmeting zo nauwkeurig mogelijk te verkrijgen, neemt men een **waterpas vlak** aan; dat wil zeggen, een vlak, dat in al zijn punten loodrecht staat op de richting der zwaartekracht. Denkt men zich de zeespiegel overal onder het land voortgezet, dan voldoet dit gebogen vlak aan een **waterpas of niveauvlak**. Gemakshalve neemt men dikwijls aan, dat dit vlak een bolopper-vlak is, hoewel dit, strikt genomen, niet volkomen juist is.

Beschouwt men van dit bol-oppervlak een deel, hetwelk ongeveer 50 km lang en breed is, dan kan met voldoende nauwkeurigheid een dergelijk deel als een volkomen plat vlak worden beschouwd.

In het volgende zal, bij het bespreken van de verschillende wijzen van opmeting van terreinen, stilzwijgend worden aangenomen, dat die terreinen zich over geen grotere oppervlakte uitstrekken dan 50 km in de lengte en in de breedte. De metingen en berekeningen, nodig voor de bepaling van de grootte of van de vorm van enig terrein, dat binnen deze genoemde grenzen blijft, behoren alle tot het gebied der **lagere landmeetkunde**; deze metingen worden dus verondersteld te worden verricht op een plat vlak.

Bij het bepalen echter van de hoogteligging van punten moet rekening worden gehouden met de gebogen vorm van het niveauvlak, zodat in verband met deze noodzakelijkheid de landmeetkunde kan gesplitst worden in twee gedeelten.

Het eerste gedeelte, het eigenlijke landmeten, leert verschillende methoden kennen volgens welke de **horizontale projectie** van een terrein wordt bepaald.

Onder deze horizontale projectie verstaat men de projectie van de verschillende sprekende lijnen van het terrein. Deze lijnen zijn o.a. sloten, wegen, cultuurgrenzen, oevers van stromen, plassen, enz., buitengrenzen van gebouwen, scherp zich aftekenende terreinhoogten, kortom alle lijnen, die zich op een bepaald terrein aan het oog voordoen. Het tweede gedeelte, bekend onder de naam van **waterpassen** of hoogtemeten, geeft aan op welke wijze de hoogteligging van verschillende punten wordt bepaald ten opzichte van een horizontaal vergelijkingsvlak.

Daar het landmeten in hoofdzaak neerkomt op het bepalen van afstanden en hoeken, zullen in de eerste plaats de instrumenten, waarmede zulks geschiedt, worden besproken. Aangezien verschillende onderdelen dier werktuigen bij vele instrumenten terugkeren, gaat een beschrijving van die delen vooraf.

Bij het waterpassen wordt in hoofdzaak gebruik gemaakt van speciaal daarvoor vervaardigde instrumenten (waterpasinstrumenten), welke, hoewel in systeem dikwijls verschillend, alle op bijna volkomen gelijke wijze worden gebruikt.

De wijzen van uitvoering der metingen zullen afzonderlijk worden behandeld, waarom het hier volgende in twee gedeelten zal worden weergegeven, nl.:

1ste gedeelte: Landmeten.
2de „ Waterpassen.

In het tweede gedeelte zullen verder besproken worden verschillende technische werkzaamheden, voornamelijk op cultuur-technisch gebied, waarbij zowel het landmeten als het waterpassen beoefend wordt.

1ste GEDEELTE.

LANDMETEN.

HOOFDSTUK I.

De voornaamste onderdelen der instrumenten.

a. Gewone vizieren.

§ 1. Onder vizier verstaat men een inrichting, waarmede men een rechte lijn of een plat vlak, die door de vizierinrichting worden bepaald, kan laten samenvallen met een gegeven lijn of een gegeven vlak op aarde.

Fig. 1—4 stellen de meest eenvoudige vizierinrichtingen voor. Zij bestaan uit twee plaatjes A en B, waarvan het ene voorzien is van een of meer kleine ronde openingen of wel van een smalle spleet, terwijl het andere plaatje een grotere opening bevat, welke voorzien is van één, of wel van twee elkaar kruisende draden van paardenhaar. In sommige gevallen wordt ook de opening met de draad vervangen door een gewone smalle spleet, zoals fig. 4 aangeeft.

Men noemt de openingen of de smalle spleten in A **oculair-openingen** of **oculair-spleten**, terwijl de openingen in B **objectief-openingen** of **objectief-spleten** worden genoemd.

Inplaats van oculair- en objectief-opening spreekt men ook wel van **oog- en voorwerp-opening.**

In fig. 1 wordt door de oculair-opening en het kruispunt der draden in B een rechte lijn bepaald, **vizierlijn** genoemd, terwijl in fig. 2, waar

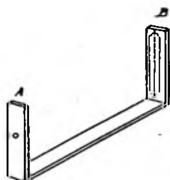


Fig. 1.

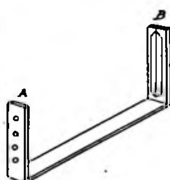


Fig. 2.

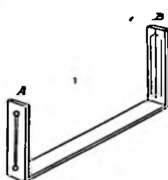


Fig. 3.

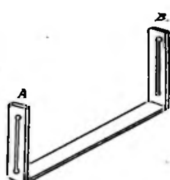


Fig. 4.

slechts één objectief-draad is gespannen, de verschillende oculair-openingen met de draad een plat vlak vormen, welk vlak men **vizier-vlak** noemt. In fig. 3 en 4 worden door oculair-spleet en objectief-draad of objectief-spleet evenzo viziervlakken bepaald.

Men zegt nu, dat het vizier op een bepaald punt is gericht, wanneer voor het oog van de waarnemer (die zijn oog juist achter de oculair-opening plaatst) het kruispunt der draden samenvalt met het bedoelde punt.

In fig. 2 moeten alle oculair-openingen gelegen zijn in een lijn, evenwijdig met de draad in de objectief-opening, opdat de aldus bepaalde viziervlakken samenvallen. Men onderzoekt zulks door na te gaan, bij gebruikmaking der verschillende oculair-openingen, of het viziervlak op hetzelfde punt gericht blijft.

In fig. 3 zijn de oculair-openingen vervangen door een oculair-spleet, terwijl in fig. 4 het viziervlak bepaald wordt door de oculair-spleet en het midden der objectief-spleet. Richt men met dit vizier op een bepaald punt, dan draagt men zorg, dat voor het oog van de waarnemer het punt gelegen is juist midden tussen de zijkanten van de objectief-spleet.

§ 2. Daar de samenvalling van het punt met de draad moet worden beoordeeld met het oog en dus zodoende niet gelijktijdig scherp kan worden gezien naar twee voorwerpen, waarvan het ene ver verwijderd en het andere zeer dichtbij ligt, zo is een scherp richten uit de aard der zaak zeer moeilijk.

De oculair-openingen moeten zeer klein zijn, omdat anders gemakkelijk **verschilzicht** of **parallax** optreedt. Hieronder verstaat men het verschijnsel, waarbij door verplaatsing van het oog voor de oculair-opening, steeds een ander punt schijnt samen te vallen met het kruispunt der draden. Echter mogen de openingen niet te klein zijn, daar dan geen voldoende licht in het oog valt tijdens het richten.

Uit proeven is gebleken, dat men door ronde openingen beter kan richten dan door spleetvormige, terwijl de ronde openingen een grootte moeten hebben van 0.7 tot 1.1 mm en de spleten een breedte van 0.5 tot 0.8 mm.

§ 3. Bovengenoemde vizierinrichtingen, die bij de goedkopere instrumenten meestal voorkomen, zijn voor meer nauwkeurige metingen minder geschikt.

Door een nauwe opening toch komt slechts zeer weinig licht in het oog tijdens het richten, zodat, vooral wanneer het voorwerp niet bijzonder scherp te zien is, men dikwijls grote moeilijkheden ondervindt.

Verder treedt de dikte van de objectiefdraad vaak belemmerend op, wanneer het voorwerp waarop gericht wordt, ver verwijderd is. Dit wordt dan meestal bedekt door de draad, tengevolge waarvan de samenvalling van draad en voorwerp niet meer juist te constateren valt.

Deze bezwaren, die ontegenzeggelijk groot nadeel berokkenen aan de uitkomsten der metingen met behulp van instrumenten, voorzien van gewone vizieren, treden veel minder sterk op de voorgrond, indien men gebruik maakt van een kijker als vizierinrichting.

Voor een goed begrip van een dergelijke inrichting zal het echter wenselijk zijn, dat in de eerste plaats het hoofdbeginsel, waarop deze vizierinrichting berust, nl. het lenzenstelsel, afzonderlijk wordt nagegaan.

§ 4. De lenzen, die voorkomen in de kijkers der instrumenten, welke in het landmeten worden gebruikt, zijn hoofdzakelijk convergerende lenzen. Zij dragen de naam van convergerende lenzen, omdat ze, evenwijdig met de hoofdas invallende lichtstralen doen samenkomen in het hoofdbrandpunt.

§ 5. Bevindt zich op een afstand, groter dan tweemaal de brandpuntsafstand, een voorwerp vóór een lens, dan wordt van dat voorwerp aan de andere zijde der lens een omgekeerd verkleind reëel beeld gevormd; zie fig. 5a. Dit kan op een scherm worden opgevangen en aan verscheiden waarnemers worden getoond. Dit beeld wordt gevonden door twee evenwijdig met de hoofdas invallende lichtstralen van het

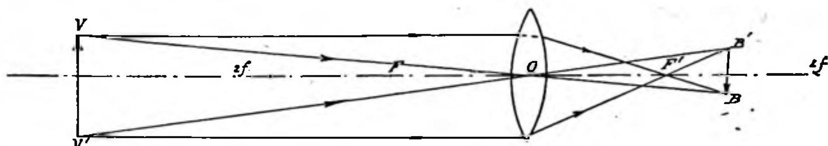


Fig. 5a.

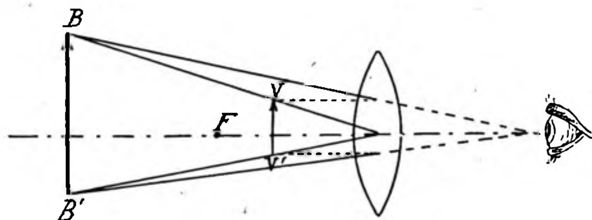


Fig. 5b.

voorwerp te construeren, welke lichtstralen na breking gaan door het hoofdbrandpunt. Trekt men nu verder de twee bij-assen V O en V' O zoals de fig. aangeeft, dan gaan deze ongebroken verder door het optisch midden en ontmoeten de andere stralen. Verbindt men nu de twee snijpunten, dan wordt hierdoor de plaats en de grootte van het beeld bepaald.

Bevindt zich het voorwerp binnen brandpuntsafstand, dan wordt geen reëel beeld meer gevormd, doch men neemt een virtueel beeld waar (zie fig. 5b.) Dit verschijnsel neemt men o.a. waar bij 't gebruik van een loupe. Opgemerkt wordt hierbij nog, dat in het eerste geval het beeld verkleind, omgekeerd en reëel wordt, terwijl men bij het gebruik van een loupe een vergroot rechtopstaand, virtueel beeld waarneemt, hetgeen niet op een scherm kan worden opgevangen en slechts door een bepaalde waarnemer is te zien.

§ 6. Ter bepaling van de plaats en de grootte van het gevormde beeld met betrekking tot het voorwerp, kan men gebruik maken van de formule $a\,b = f^2$.

In deze formule is a de afstand van het voorwerp tot het brandpunt; b de afstand van het beeld tot het andere brandpunt en f de hoofd-

brandpuntsafstand. Zijn in deze formule twee waarden bekend, dan kan dus de derde berekend worden.

b. Kijkers.

§ 7. De kijkers, welke in het landmeten het meest worden gebruikt, dragen de naam van **astronomische** kijkers (ook wel naar Kepler genoemd).

In zijn meest eenvoudige vorm bestaat een dergelijke kijker uit twee in elkaar schuivende koperen buizen, beide voorzien van een convergerende lens, welke lenzen de naam dragen van objectief-lens en oculair-lens. De brandpuntsafstand van de objectief-lens is vrij groot, b.v. 12, 15, 20, 30 en meer cm, die van de oculair-lens daarentegen klein, b.v. 1 of 2 cm. Fig. 6 geeft aan, op welke wijze een beeld wordt

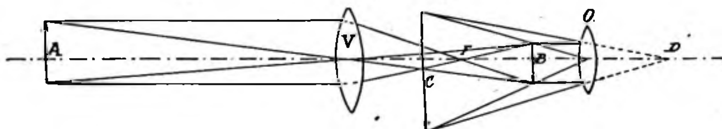


Fig. 6.

gevormd van een voorwerp, dat zich op enige afstand voor de objectieflens bevindt.

Van het voorwerp A, dat buiten dubbele brandpuntsafstand van de objectief-lens V is geplaatst, wordt door de lens even voorbij het binnenbrandpunt een omgekeerd, reëel, verkleind beeld B gevormd. De afstand der lenzen wordt nu zodanig gekozen, dat dit beeld B zich bevindt binnen de brandpuntsafstand van de oculair-lens O. In plaats van het beeld B wordt thans door de lens O een virtueel beeld C waargenomen. De oculair-lens werkt dus als een loupe.

Het beeld B zal in verhouding tot het voorwerp zeer klein zijn, en ofschoon de oculair-lens dit beeld weliswaar vergroot doet zien, zal toch de werkelijke afmeting van het waargenomen beeld zeer veel kleiner zijn dan het voorwerp. Men bedenke echter, dat dit beeld wordt waargenomen op de afstand van duidelijk zien voor het oog (25 à 30 cm), zodat men de indruk krijgt alsof het voorwerp naderbij was gekomen.

De lichtstralen komen, na breking door de lens O, alle samen in het oog dat geplaatst is ongeveer in D. Men noemt daarom punt D **oogpunt.**

§ 8. Om nu nog de kijker geschikt te maken als vizierinrichting, om dus met andere woorden de kijker te voorzien van een vizierlijn, brengt men, ter plaatse waar het beeld B in fig. 6 gevormd wordt, twee elkaar kruisende draden, **kruisdraden** genoemd, aan. Door de oculairlens zal dus tegelijk met het beeld B eveneens een vergroot virtueel beeld worden waargenomen van de kruisdraden. Bij het richten op een bepaald

punt zorgt men, dat het kruispunt der draden samenvalt met het bedoelde punt. De vizierlijn wordt dan gevormd door de lijn, gaande door het kruispunt der draden en het optisch midden van de objectief-lens.

§ 9. Uit het voorgaande volgt, dat de plaats van de kruisdraden niet steeds dezelfde kan zijn ten opzichte van het lenzenstelsel.

Het voorwerp, waarop gericht wordt, zal zich nl. nu eens op een grotere, dan weer op een kleinere afstand bevinden van de objectief-lens, waaruit volgt, dat het beeld B zich nu eens dichter, dan weer minder dicht bij het binnenbrandpunt der objectief-lens zal vormen. Toch moeten de kruisdraden samenvallen met dit beeld B; de afstand van kruisdraden tot objectief-lens moet dus kunnen gewijzigd worden.

Doch dit is alleen niet voldoende. Ook moet van de kruisdraden een scherp virtueel beeld worden waargenomen door de oculair-lens, en daar de afstand van duidelijk zien voor alle personen niet dezelfde is, moet ook de afstand van kruisdraden tot oculair-lens gewijzigd kunnen worden.

§ 10. **Mechanische inrichting van de kijker.**

In fig. 7 is een schematische voorstelling weergegeven van een eenvoudige kijker, welke voorzien is van een vizierinrichting.

De kijkerbuis A is aan het ene uiteinde voorzien van de objectief-lens O, terwijl een tweede buis, de zogenaamde oculair-buis B, in deze

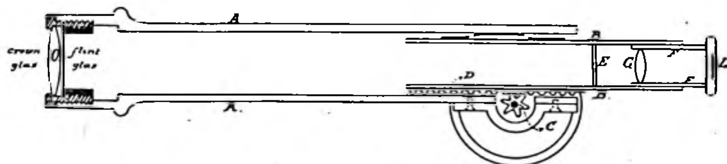


Fig. 7.

kijkerbuis kan verschoven worden door middel van een rondsel C en een getande stand D. Inwendig is de oculair-buis bij E voorzien van een ringvormige plaat, **diaphragma** genaamd, waarop de kruisdraden zijn aangebracht.

Ten slotte is nog een derde kleiner buisje F aanwezig, dat in de oculair-buis kan verschoven worden. Dit laatste buisje bevat bij G de oculair-lens en bij L een opening, waarvoor het oog moet geplaatst worden.

§ 11. Bij het gebruik van de kijker handelt men als volgt:

In de eerste plaats wordt door het in- of uitschuiven van het buisje F de afstand van de oculair-lens tot de kruisdraden E zodanig geregeld, dat men van E een scherp en duidelijk beeld verkrijgt. Vervolgens wordt de kijker op het voorwerp gericht en nu met behulp van het rondsel C de oculair-buis B zoveel in- of uitgedraaid, tot van het voorwerp een duidelijk beeld is verkregen. Men ziet dus de duidelijke beelden zowel van voorwerp als van kruisdraden. Nu is het echter zeer goed mogelijk,

dat de beide vlakken, waarin zich die beelden vormden, niet volkomen samenvallen. In dit geval treedt verschilzicht of parallax op, waarvan men zich overtuigt, door het oog voor de oculair-opening een weinig heen en weer te bewegen. Blijkt hierbij, dat de beelden zich ten opzichte van elkaar verplaatsen, dan is dit een bewijs, dat de vlakken, waarin de kruisdraden en het reëele beeld gelegen zijn, niet volkomen samenvallen.

Door de oculair-buis in of uit te draaien, zorgt men thans eerst een scherp beeld van het voorwerp te verkrijgen. Daarna wijzigt men de afstand van de oculair-lens tot de draden door het diaphragma-buisje draaienderwijze langzaam in- of uit te schuiven, totdat beide beelden scherp zijn en geen parallax meer wordt waargenomen.

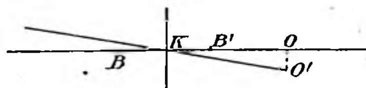


Fig. 8.

§ 12. Om te weten, of men de oculair-buis in of uit moet draaien bij het wegnemen der parallax, redeneert men als volgt; zie fig. 8.

De lijn O B stelt de vizierlijn voor, terwijl K het kruispunt der draden voorstelt. In O is het oog geplaatst. De tekening geeft een boven-aanzicht weer.

Wordt het beeld gevormd in B en beweegt men het oog naar links, dus van O naar O', dan ziet men het kruispunt K rechts van het beeld B, zodat zich het kruispunt schijnbaar in tegengestelde richting met het oog verplaatst. De oculair-buis moet in dit geval dus ingedraaid worden, opdat K tot B nadert.

Vormt zich het beeld echter in B', dan zal men het kruispunt links van het beeld zien; het verplaatst zich dan schijnbaar in dezelfde richting als het oog, zodat men in dit geval de oculair-buis moet uitdraaien om K dichter bij B' te brengen.

§ 13. Richt men achtereenvolgens op punten, die op verschillende afstanden zijn gelegen, dan moet dus telkens de parallax worden weggenomen. De regeling van de afstand van kruisdraden tot oculair-lens behoeft hierbij niet te worden herhaald, zolang dezelfde persoon van de kijker gebruik maakt. Er kan dus in zo'n geval worden volstaan met het in- of uitdraaien van de oculair-buis.

§ 14. De kijker, zoals deze hier is beschreven, is gewoonlijk niet op deze eenvoudige wijze samengesteld, omdat de beelden dan te onduidelijk en te weinig scherp zullen zijn. Om de onvolkomenheden in de beelden, die een gevolg zijn van de chromatische en spherische aberratie, zoveel mogelijk te ontgaan, stelt men objectief en oculair uit verschillende lenzen samen. De objectief-lens bestaat dan doorgaans uit twee delen, nl. een convergerende **crownglas-lens** en een divergerende **flintglas-lens**, die zo dicht mogelijk tegen elkaar sluiten en van welke eerstgenoemde naar het voorwerp is gericht. (Zie het objectief in fig. 7).

Het oculair bestaat doorgaans uit eèn samenstel van twee convergerende lenzen, die de naam dragen van Ramsden-oculair.

§ 15. Het Ramsden-oculair, fig. 9a en 9b bestaat uit twee platbolle lenzen O en E, die met de bolle zijde naar elkaar zijn gekeerd. De lens E draagt de naam van **collectief-lens** of **veldlens**, terwijl de lens O de

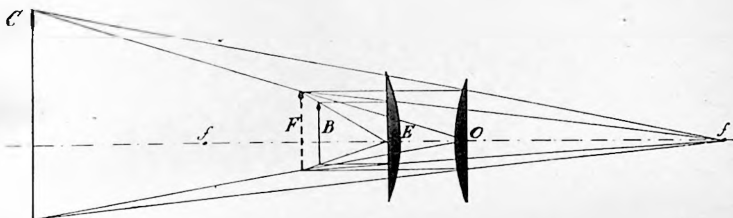


Fig. 9a.

oculair-lens wordt genoemd. Beide lenzen hebben een gemeenschappelijk brandpunt. De beeldvorming heeft bij deze samenstelling der lenzen plaats als is aangeduid in fig. 9a.

In B wordt door de objectief-lens in de kijker een beeld gevormd van het voorwerp; door de collectief-lens E wordt hiervan in F een vergroot virtueel beeld gevormd. Dit virtuele beeld bevindt zich echter nog steeds binnen de brandpuntsafstand van de oculair-lens O, die dus van het beeld F ten laatste het vergrote virtuele beeld C vormt, hetwelk wordt waargenomen.

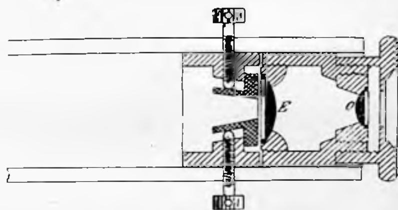


Fig. 9b.

In fig. 9b is weergegeven op welke wijze de lenzen, zomede het diaphragma met de kruisdraden in de oculairbuis zijn bevestigd. Hoewel straks hierop nog nader zal worden teruggekomen, zij voorlopig medegedeeld, dat het diaphragma met behulp van schroefjes op zijn plaats wordt gehouden.

§ 16. De kruisdraden bestaan meestal uit fijne draden van de kruisspin, welke draden met behulp van spiritusvernis worden vastgehecht op het diaphragma. Zie fig. 10. In plaats van spinragdraden wordt tegenwoordig veel gebruik gemaakt van op glas getrokken lijnen.

Het voordeel van dergelijke kruisdraden is de geringe kans van defect raken, hoewel er ook weer een klein nadeel aan verbonden is. Op het glazen plaatje nl. bevinden zich spoedig kleine stofdeeltjes, die door het oculair hinderlijk vergroot worden, hetgeen niet bevorderlijk is voor een zuivere aflezing. Het diaphragma wordt gewoonlijk door middel van twee of vier schroefjes, waarvan de koppen buiten de oculair-buis uit-

steken, op zijn plaats gehouden. Het moet enigermate in de buis verplaatst kunnen worden, teneinde de vizierlijn een stand te kunnen geven, die afhankelijk is van andere delen van het instrument, zoals hierna zal worden besproken.

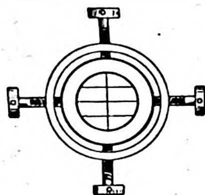


Fig. 10.

In fig. 9b en 10 ziet men, op welke wijze het diaphragma met behulp der correctie-schroefjes in de oculair-buis wordt vastgehouden.

§ 17. In het voorafgaande werd een beschrijving gegeven van de kijkers, zoals die bij oudere instrumenten worden aangetroffen; bij de nieuwere instrumenten echter wordt meer en meer een andere constructie gevolgd.

Het zal begrijpelijk zijn, dat het bij de instrumenten aankomt op een zo vast mogelijke stand van de vizierlijn. Beschouwt men fig. 7, dan valt het op, dat men ter verkrijging van een scherp beeld de oculair-buis meer of minder moet uitdraaien, naarmate het voorwerp dichterbij of verder verwijderd is. De afstand van het beeld tot de objectieflens wisselt dan ook vrij veel en dus ook de afstand van de kruisdraden tot de objectieflens.

Hoe meer speling in die afstand optreedt, des te groter wordt de kans, dat de vizierlijn uit haar oorspronkelijke stand geraakt, vooral wanneer na langdurig gebruik van het instrument de rechtlijnige beweging van de oculairbuis, tengevolge van de werking van rondsel, getande stang en veren niet meer correct plaats vindt. Het gevolg is dan, dat het kruispunt der draden zich niet zuiver beweegt in het verlengde der oorspronkelijke vizierlijn.

Om dit bezwaar zoveel mogelijk te ondervangen, wordt bij de nieuwere instrumenten het diaphragma niet in de oculairbuis opgenomen, doch rechtstreeks in de kijkerbuis, zodat het diaphragma een vaste stand verkrijgt; de afstand van kruisdraden tot objectieflens kan dus niet veranderen.

Toch moet voor elke willekeurige afstand een scherp beeld van het voorwerp kunnen worden opgevangen ter plaatse van het kruispunt der draden en om hieraan te kunnen voldoen, is in de kijkerbuis een negatieve lens aangebracht in een afzonderlijk buisje, nauwkeurig sluitende in de kijkerbuis. Dit kleinere buisje kan op de bekende wijze worden verplaatst met behulp van rondsel en getande stang.

Op deze wijze worden grote voordelen verkregen. De constructie van de kijker wordt solieder maar bovendien wordt de vergroting van de kijker opgevoerd. Weliswaar moet de tussenlens verplaatst kunnen worden ten behoeve van de samenvalling der beelden van voorwerp en kruisdraad, doch die verplaatsing heeft practisch geen invloed op de stand der vizierlijn.

In fig. 11 is schematisch weergegeven op welke wijze de hier bedoelde kijker is samengesteld en men ziet, dat het lenzenstelsel afwijkt van het oudere systeem door de plaatsing van de negatieve lens.

De plaatsing van de tussenlens heeft ten gevolge, dat deze lens en

de objectief-lens tezamen werken als één objectief, tele-objectief genoemd. De „aequivalente" brandpuntsafstand van het stelsel verandert uit de

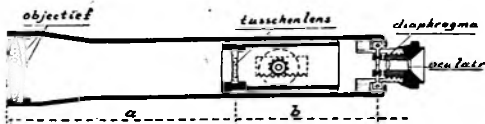


Fig. 11.

aard der zaak, naarmate de afstand van tussenlens en objectief-lens wordt gewijzigd.

Die aequivalente brandpuntsafstand kan worden berekend met behulp van de volgende formule:

$$F' = \frac{F \times f}{F + f - a}$$ waarin betekent:

F' = aequivalente brandpuntsafstand.
F = brandpuntsafstand van het objectief.
f = brandpuntsafstand van de tussenlens.
a = afstand van objectieflens tot tussenlens.

Wanneer men dus van een kijker de volgende gegevens kent:

F = 135 mm
f = —110 mm
a = 100 mm,

dan bedraagt de aequivalente brandpuntsafstand 198 mm.

De kijkerlengte in fig. 11 wordt bepaald door de afstand van objectieflens tot diaphragma: zij bedraagt a + b. (b is de afstand van tussenlens tot diaphragma).

Om b te berekenen gebruikt men de volgende formule:

$$b = F' - \frac{a \times f}{F + f - a}.$$

Past men deze formule toe op de bovenstaande gegevens, dan wordt b 51 mm en de lengte van de kijker wordt dan 151 mm.

De aequivalente brandpuntsafstand bedroeg echter 198 mm, zodat men met een kijker kan volstaan, welke korter is dan de aequivalente brandpuntsafstand.

Een verder groot voordeel van dergelijke kijkers is nog de omstandigheid, dat de kijker aan alle zijden is afgesloten, zodat binnentreden van stof e.d. zó goed als buitengesloten is.

c. Niveaux.

§ 18. **Het timmermanswaterpas.** Zie fig. 12. Met dit zeer eenvoudige instrument is het mogelijk een horizontale of een verticale lijn aan te geven. Het bestaat uit een rechthoekig plankje A B C D, waaraan in het midden een schietloodje E O is bevestigd. De loodlijn, uit E op de

lijn A B neergelaten, is door een lijn E O op het plankje aangegeven. Valt nu het koord van het schietloodje samen met de lijn E O, met andere woorden: „speelt het schietlood in", dan is dus de lijn A B, of de onderkant van het plankje horizontaal. Is er nu verder voor gezorgd, dat de zijden B C en A D zuiver loodrecht staan op A B, dan geven B C en A D verticale lijnen aan.

§ 19. Om na te gaan of de lijn E O werkelijk loodrecht staat op A B, plaatst men het plankje op een lineaal, die men met behulp van een wig zodanig stelt, dat het schietloodje inspeelt. Is het werktuig

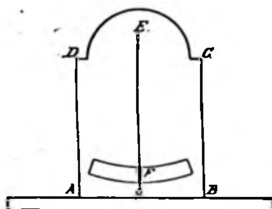


Fig. 12.

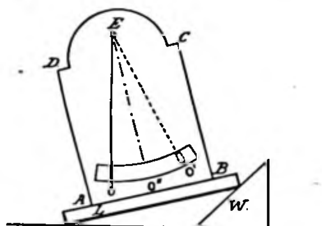


Fig. 13.

volkomen zuiver, dan is de bovenkant der liniaal nu horizontaal. Draait men dus het plankje om zijn lengte-as 180° om, dan moet het schietlood nog inspelen. Doet het dit niet, dan geeft de uitwijking van het koord ten opzichte van de lijn E O het dubbele van de fout aan, die bestaat in de verkeerde plaats der lijn E O. Zie fig. 13.

Met behulp van de wig W is de liniaal L zoodanig gesteld, dat het koord van het schietloodje samenvalt met de lijn E O, die op het plankje is aangegeven, in de veronderstelling, dat E O rechthoekig staat op A B. Draait men het werktuig 180° om zijn lengte-as om, zodat dus A in B en B in A komt, dan neemt de lijn E O de stand in volgens E O' en het schietlood volgens E O. De totale uitwijking bedraagt dus de hoek O E O', of het dubbele van de fout. In plaats van E O geeft derhalve de lijn E O", die de hoek O E O' halveert, de lijn aan, die loodrecht staat op A B.

Uit het voorgaande volgt, dat men met het onnauwkeurige waterpas toch een horizontale lijn kan aangeven, indien men het werktuig in twee standen gebruikt en telkens de fout voor de helft wegneemt.

§ 20. **Buisniveau.** Nauwkeuriger dan met het timmermanswaterpas kan men met behulp van een buis-niveau een horizontale lijn aangeven.

Een buis-niveau bestaat uit een gesloten cylindervormige glazen buis, die aan één zijde inwendig volgens de lengterichting flauw cirkelvormig is uitgeslepen. Zie fig. 14. Voordat de buis wordt dichtgesmolten, wordt ze voor het grootste gedeelte gevuld met alcohol of aether, welke vervolgens

verwarmd wordt, zodat de gehele ruimte gevuld raakt, terwijl ze daarna wordt dichtgesmolten. Bij afkoeling ontstaat een kleine ledige ruimte, die zich vult met damp van de vloeistof, de **bel** genoemd. Deze bel nu (ook wel luchtbel genoemd), zal door de werking der zwaartekracht steeds het hoogste punt innemen.

De buis is aan de bovenkant voorzien van een schaalverdeling, waardoor het mogelijk wordt de stand der bel af te lezen.

Het midden dier verdeling noemt men het nulpunt; soms is dit nulpunt niet op het glas aangegeven, doch is een zeker gedeelte in het midden onverdeeld gelaten. Het midden van dit gedeelte geeft dan het nulpunt der verdeling aan.

Fig. 14.

Denkt men zich in dit nulpunt een raaklijn getrokken aan de cirkel, volgens welke het buisje geslepen is, dan noemt men die raaklijn **de richtlijn van het niveau.** Zorgt men, dat het midden van de bel samenvalt met het nulpunt der verdeling, dan zegt men, dat het „niveau inspeelt". Aangezien echter het midden der bel niet kan aangegeven worden, beoordeelt men dit inspelen door na te gaan, of de uiteinden der bel beide evenver van het nulpunt der verdeling verwijderd zijn.

In de veronderstelling, dat het niveau zuiver cirkelvormig is geslepen, zal bij inspelende bel de richtlijn dus horizontaal zijn, omdat de bel steeds het hoogste punt inneemt. In het buisniveau heeft men derhalve een middel om met grote nauwkeurigheid een horizontale lijn aan te geven. Men kan echter van de richtlijn niet een direct gebruik maken, om een horizontale lijn aan te geven, waarom men het niveau van een ondersteuningsvlak voorziet, dat evenwijdig is met de richtlijn.

Daartoe is het niveau gevat in een koperen buis A B C D, fig. 15,



Fig. 15.

die door middel van een scharnier G en een schroef met spiraalveer H verbonden is met de metalen plaat E F. De buis A B C D is aan de bovenzijde open, ten einde de aflezing der bel mogelijk te maken.

§ 21. Regeling van een buisniveau.

Zal het niveau in fig. 15 aan de gestelde eisen voldoen, dan moet de onderkant van de plaat E F evenwijdig zijn met de richtlijn. Men onderzoekt zulks op de volgende wijze. Zie fig. 16.

Men plaatst het niveau op een liniaal A B, die met behulp van een wig zodanig wordt gesteld, dat de bel van het niveau inspeelt. Draait men het niveau nu 180° om, dan zal, indien de richtlijn evenwijdig is met de onderkant van het niveau, de bel nog inspelen. Doet ze dit niet, dan geeft de uitwijking het dubbele van de fout aan, die bestaat in de niet evenwijdigheid van richtlijn en onderkant niveau.

Zij in fig. 16 de lijn C D de richtlijn van een ontregeld niveau **bij inspelende bel**, dan snijdt deze lijn de lineaal ergens in E. De richtlijn

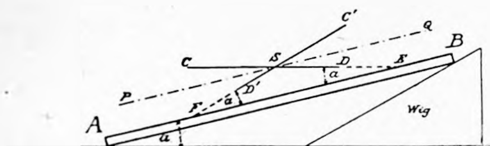


Fig. 16.

maakt dan met de onderkant van het niveau een hoek a. Draait men nu het niveau 180° om, dan neemt de richtlijn den stand C'D' in, doch de bel speelt niet meer in. De tweede stand van de richtlijn maakt met de eerste een hoek, die het dubbele bedraagt van de hoek a, want hoek C'S E is, als buitenhoek van △ F E S, gelijk aan de som der hoeken S F E en S E F, welke beide gelijk zijn aan a.

Zal dus de richtlijn evenwijdig lopen aan A B, dan moet ze gericht zijn volgens de lijn P Q, die ∠ C'S E middendoordeelt, want in dat geval is ∠ Q S E = ∠ S E F.

De uitwijking der bel geeft dus het dubbele van de fout aan, en men neemt die fout weg, door de helft der uitwijking met behulp van de schroef H (fig. 15) op te heffen. De richtlijn C' D' neemt dan de stand in volgens Q P. Laat men nu het niveau weer inspelen, dan wordt de wig onder de liniaal zoveel versteld, totdat A B en tegelijkertijd P Q (de gewijzigde richtlijn) over een hoek a van stand zijn veranderd. De lijnen P Q en A B zijn dan horizontaal en is hiermede het niveau geregeld, hetgeen men nagaat door het niveau nogmaals 180° om te zetten. Hierbij mag zich dan geen uitwijking meer vertonen.

Bij de practische uitvoering dezer correctie is het doorgaans niet goed mogelijk de fout in één keer weg te nemen. Men herhaalt dus de bewerkingen zolang, tot zich geen uitwijking der bel meer vertoont.

§ 22. Doosniveau. Fig. 17.

Het doosniveau bestaat uit een cylindervormig glazen bakje A, dat van boven door een bolvormig uitgeslepen glazen plaat is afgesloten. De doos is evenals het buisniveau voor het grootste gedeelte gevuld met aether of alcohol, zodat zich dientengevolge weer een bel vormt. Op de glazen plaat zijn enige concentrische cirkels gegrift, welke dienen om het inspelen der bel te kunnen constateren. De bel speelt nl. in, wanneer



Fig. 17.

ze concentrisch met de cirkels is. Denkt men zich een raakvlak aan het midden van het bolvormige glazen oppervlak, dan noemt men dit vlak het **richtvlak** van het doosniveau. **Het richtvlak moet evenwijdig lopen met het ondersteuningsvlak van het doosniveau**, hetwelk daartoe is gevat in een koperen montuur B.

§ 23. **Hoekwaarde.**

Onder de hoekwaarde van een buisniveau verstaat men de hoek, die de richtlijn doorloopt, indien de bel zich over de afstand van één verdeling verplaatst. Daar het niveau zuiver cirkelvormig wordt uitgeslepen kan men aannemen, dat elke verdeling een klein gedeelte van de cirkelomtrek is, waarvan het niveau een deel uitmaakt, waaruit volgt, dat elk deel in secunden is uit te drukken.

De buisniveaux, welke in de regel voorkomen bij de tegenwoordige waterpas- en hoekmeet-instrumenten, bezitten een hoekwaarde, welke veelal varieert van 10″ tot 30″. Hoe gevoeliger het niveau is, des te kleiner is de hoekwaarde en omgekeerd. Doosniveaux hebben meestal een hoekwaarde van 3′ à 4′.

Kleine hellingen zijn dus met behulp van een buisniveau te meten, indien hiervan de hoekwaarde bekend is. Plaatst men nl. het niveau op de lijn, waarvan men de helling wil bepalen, dan gaat men na over hoeveel verdelingen de bel uitwijkt. Dit aantal, vermenigvuldigd met de hoekwaarde, geeft de grootte der helling aan, uitgedrukt in secunden.

§ 24. **Horizontaal stellen van een vlak.**

Bij een groot aantal der instrumenten, welke in het landmeten gebruikt worden, is het nodig, dat het vlak, volgens welk de verschillende delen van het instrument bewogen worden, horizontaal wordt gesteld. Men bereikt zulks door middel van een niveau, hetwelk dan met het instrument verbonden is, of wel, hier los is bijgevoegd.

Om het vlak in fig. 18 horizontaal te stellen wordt in de eerste plaats opgemerkt, dat het voldoende zal zijn, indien twee elkaar bij voorkeur onder een zo groot mogelijke hoek snijdende lijnen in dat vlak horizontaal zijn.

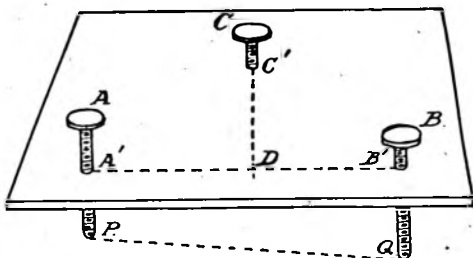


Fig. 18.

Men plaatst daarom een buisniveau op de verbindingslijn der twee stelschroeven A en B, dus op de lijn A′B′ en draait zolang aan de schroeven A en B (in verschillende richting om het doel vlugger te bereiken) totdat de bel van het niveau inspeelt. (Verondersteld wordt, dat het buisniveau van tevoren behoorlijk geregeld is).

De lijn A'B' is dus horizontaal; plaatst men nu het niveau volgens de lijn C'D, dan zal in 't algemeen het niveau niet meer inspelen. Door echter aan de schroef C te draaien, totdat het niveau inspeelt, is de lijn C'D horizontaal te brengen. Oppervlakkig zou men thans geneigd zijn aan te nemen, dat het vlak horizontaal is, omdat eerst de lijn A'B' en vervolgens de lijn C'D horizontaal is gemaakt, terwijl verder deze twee lijnen elkaar snijden.

Men ga echter eens na, wat er gebeurd is, nadat de schroef C verdraaid werd. Het vlak steunt op de drie stelschroeven A, B en C. Het ondersteuningspunt van A zij P en dat van B zij Q. In 't algemeen zal de verbindingslijn der steunpunten P en Q niet evenwijdig zijn aan de horizontale lijn A'B'. Draait men dus aan de schroef C, dan wentelt de horizontale lijn A'B' om een as P Q, welke niet evenwijdig is met A'B' en beschrijft deze dus een kegelvlak. Ze wordt hierdoor uit haar horizontale stand gebracht.

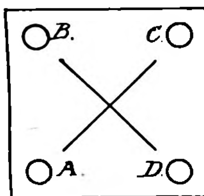


Fig. 19.

Opnieuw moet derhalve het niveau boven de lijn A'B' tot inspelen worden gebracht, waarna de lijn C'D volgt. Er blijkt dus uit, dat beide handelingen zolang herhaald moeten worden, totdat het niveau in beide standen inspeelt.

§ 25. Dikwijls heeft een vlak vier ondersteuningspunten, namelijk twee stelschroeven en diametraal daartegenover twee verende stiften. Het vlak zelf is dan met een verende verbinding op een onderstel bevestigd. Om een dergelijk vlak horizontaal te stellen, plaatst men het niveau op de verbindingslijn BD en vervolgens op de lijn AC en men herhaalt de bewerkingen, totdat de bel in alle standen inspeelt. (Zie fig. 19).

§ 26. Om met behulp van een doosniveau een vlak horizontaal te stellen plaatst men het niveau op het vlak en gaat na, naar welke zijde de bel uitwijkt. In fig. 20 stellen A, B en C de stelschroeven voor, terwijl men waarneemt dat de bel is uitgeweken naar D. Door draaiing aan de schroef B brengt men nu de bel zoveel mogelijk naar het midden van het niveau. Hierbij blijkt, dat ze de stand inneemt van D' en men houdt dus nu op met aan de schroef B te draaien, doch tracht met behulp der stelschroef A de bel naar het midden te brengen. Met behulp van alle stelschroeven wordt dus het inspelen bewerkstelligd.

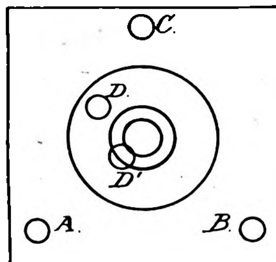


Fig. 20.

§ 27. **Horizontaal stellen van een as.**

Zeer dikwijls komt het voor, dat bij een of ander meetinstrument een as horizontaal moet worden gesteld. Tot dat doel maakt men gebruik van

een buisniveau, dat speciaal hiervoor is vervaardigd. In plaats van met een plaat, welke evenwijdig is met de richtlijn, wordt het niveau voorzien van twee vorken, waarmede het op de cilindervormige as wordt geplaatst. Men noemt een dergelijk niveau **Ruiterniveau.** (Zie fig. 21).

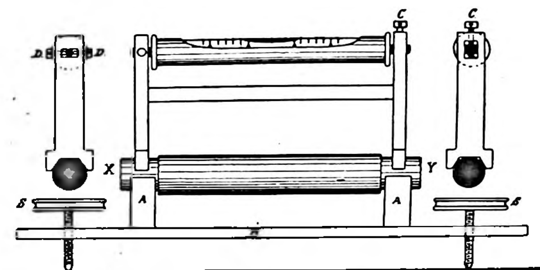


Fig. 21.

Het moet aan de volgende eisen voldoen:

1°. De richtlijn van het niveau moet met de as, waarop het niveau rust, in een zelfde vlak liggen.

2°. De richtlijn en de as moeten evenwijdig met elkaar zijn.

Wanneer het niveau aan deze eisen voldoet, dan is bij inspelende bel de richtlijn horizontaal en dus ook de as, waarop het niveau rust.

§ 28. De as X Y in fig. 21 rust op twee stutten A, eindigende in pannen; de stutten zijn bevestigd op een vlak B, dat, met behulp van stelschroeven S, horizontaal kan worden gesteld.

Teneinde het ruiter-niveau naar behoren te kunnen regelen, zijn twee soorten correctieschroefjes aanwezig. De schroef C dient om, evenals bij het gewone buisniveau, het niveau in verticale zin te bewegen, terwijl de beide schroefjes D het mogelijk maken om een beweging in zijdelingse zin te doen plaats hebben. De regeling vindt als volgt plaats:

Nadat het niveau op de as is geplaatst laat men de bel inspelen door middel der stelschroeven, die het vlak ondersteunen, waarop de stutten voor de as rusten. Draait men nu het niveau 180° om, dan moet de bel nog inspelen; doet ze dit niet, dan wordt de helft der uitwijking weggenomen met behulp van de correctieschroef C en de andere helft met de stelschroef van het vlak. (Is de uitwijking te groot om geconstateerd te worden, doordat de buis te kort is, dan kan men met de stelschroef de bel doen inspelen, daarbij het aantal schroefwentelingen tellende. Dan draait men het halve aantal omwentelingen terug en werkt nu met de correctieschroef C). Aangenomen wordt thans, dat het niveau in beide standen inspeelt, waaruit volgt, dat de richtlijn evenwijdig is met de as.

Liggen nu verder de richtlijn en de as beide in hetzelfde vlak, dan zal,

wanneer men het niveau een weinig laat overhellen in zijdelingse richting, de bel blijven inspelen. Doet ze dit niet, dan bewijst zulks, dat de richtlijn de as kruist.

§ 29. Om na te gaan, in welke zin zij elkaar kruisen, redeneert men als volgt: zie fig. 22.

Zij A B de as en C D de richtlijn, beide in bovenaanzicht gezien; de richtlijn kruist dan de as, terwijl de as horizontaal is. Wordt nu aan het ruiter-niveau, dat steeds op de as blijft rusten, een wentelende beweging gegeven naar rechts, dan zal D dalen, terwijl C rijst. De bel verplaatst zich dus in de richting naar C.

Laat men het niveau naar de andere zijde overhellen, dan daalt C en rijst D, waardoor dus de bel naar D wordt gedreven.



Fig. 22.

Met behulp der correctieschroefjes D in fig. 21 wordt de fout zo goed mogelijk weggenomen. Het kan nu gebeuren, dat de richtlijn, door deze correctie, niet meer evenwijdig is aan de as, waarom de correctie met behulp van de schroef C hand in hand moet gaan met die der schroeven D.

§ 30. Bij het bovenstaande is stilzwijgend aangenomen, dat de tappen der as, waarop het ruiter-niveau rust, volkomen even dik zijn. Kan de as in hare pannen omgelegd worden, dan kan men onderzoeken of de tappen even dik zijn op de volgende wijze:

Nadat het geregelde niveau tot inspelen is gebracht, legt men de as in de pannen om, **zonder het niveau om te zetten**, en gaat nu na of de bel nog inspeelt. Doet ze dit niet, dan zijn de tappen niet even dik en kan dit gebrek slechts door de instrumentmaker verholpen worden, door de tappen opnieuw te bewerken.

§ 31. Verticaal stellen van een as.

Teneinde een as verticaal te kunnen stellen wordt ze voorzien van een buisniveau, zoals in fig. 23a en 23b is aangegeven.

De kegelvormig uitgeboorde bus A wordt ondersteund door drie stelschroeven E, F en G. In de bus is draaibaar de as B, welke as aan het boveneinde voorzien is van een z.g. drager, waarop een buisniveau is bevestigd, zodanig, dat de richtlijn hiervan rechthoekig staat op de meetkundige as van B. Wordt dus het bovengedeelte om de as gedraaid, dan beschrijft de richtlijn van het niveau een plat vlak, dat steeds rechthoekig staat op de as B.

Zorgt men nu, dat de richtlijn steeds horizontaal blijft, dan zal ook de as B zuiver verticaal zijn. De richtlijn beschrijft dan een denkbeeldig horizontaal vlak.

Om dit denkbeeldige vlak horizontaal te stellen, handelt men op soortgelijke wijze als reeds werd vermeld bij het horizontaal stellen van een vlak. Men brengt het niveau boven een der stelschroeven en laat de bel

inspelen; vervolgens wordt het niveau gedraaid en een stand gegeven als in fig. 23b; dus evenwijdig met de verbindingslijn der stelschroeven E en G en laat opnieuw de bel inspelen. Deze beide bewerkingen herhaalt

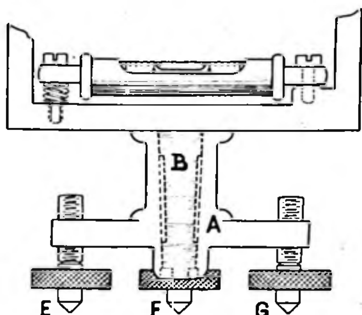


Fig. 23a.

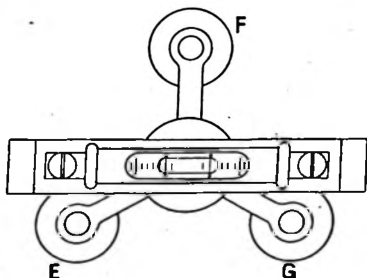


Fig. 23b.

men zolang, totdat de bel in alle standen inspeelt, waarna het denkbeeldige vlak horizontaal en dus ook de as B verticaal is gesteld.

§ 32. Treft men in plaats van drie, vier stelschroeven aan, dan handelt men op overeenkomstige wijze als in fig. 19 is aangegeven. Men brengt het niveau dus eerst boven de lijn A C en vervolgens boven B D tot inspelen, totdat het gewenste resultaat is verkregen.

In werkelijkheid treft men doorgaans niet vier, doch meestal twee stelschroeven aan, terwijl aan de overstaande zijden zich verende stiften bevinden.

§ 33. Voor het verticaal stellen van een as maakt men in veel gevallen gebruik van een doosniveau. Dit moet dan zodanig op de drager in fig. 23a bevestigd zijn, dat het richtvlak rechthoekig staat op de as.

Evenals bij het buisniveau wordt de as verticaal gesteld, door met behulp der stelschroeven de bel te laten inspelen.

§ 34. Om na te gaan, of het buisniveau in fig. 23a en 23b naar behoren geregeld is, brengt men het eerst in de stand, als is aangegeven in fig. 23b; vervolgens laat men het ook boven de stelschroef F inspelen en herhaalt beide bewerkingen, tot het niveau in beide standen inspeelt. Op deze wijze wordt dus met het **ongeregelde niveau** zo goed mogelijk de as verticaal gesteld.

Nu brengt men het niveau boven een der stelschroeven en laat het zuiver inspelen; draait men het daarna 180° om, dan moet het nog inspelen. Doet het dit niet, dan wordt de helft der uitwijking met behulp der correctie-schroef weggenomen en men laat opnieuw de bel inspelen

met behulp van de stelschroef. Met het aldus reeds verbeterde niveau verbetert men zo goed mogelijk de verticale stand van de nog steeds niet zuiver verticaal gestelde as, en gaat vervolgens na of de regeling naar behoren is volbracht. Zo nodig herhaalt men de bewerkingen, totdat geen uitwijking meer wordt verkregen. In dit geval toch beschrijft de richtlijn een horizontaal vlak, waaruit volgt, dat de as verticaal staat.

De regeling van een doosniveau wordt op soortgelijke wijze verricht. Is echter op de drager zowel een buis- als een doosniveau aanwezig, en dit komt bij veel instrumenten voor, dan kan men de regeling van het laatstgenoemde beter op de volgende wijze uitvoeren.

Eerst wordt op de zo juist beschreven wijze het buisniveau geregeld, waarna, bij inspelende bel, ook het doosniveau zou moeten inspelen. Is dit niet het geval, dan wordt rechtstreeks met behulp der correctieschroefjes van het doosniveau de bel hiervan tot inspelen gebracht. Met behulp van het meer gevoelige buisniveau wordt dus het minder gevoelige doosniveau geregeld.

d. Onderdelen van hoekmeetinstrumenten.

§ 35. Cirkelrand.

Bij alle instrumenten, welke gebezigd worden tot het meten van hoeken, vindt men een verdeelde cirkelrand, waarop de hoeken worden afgelezen. De cirkelrand is verdeeld in graden en onderdelen van graden, waarbij de verdelingen dikwijls onmiddellijk op het metaal, waaruit de cirkelrand bestaat, is aangebracht. Vooral bij de minder nauwkeurige instrumenten treft men deze wijze van verdeling aan; bij de meer nauwkeurige hoekmeetinstrumenten, zoals de theodoliet, is de cirkelrand doorgaans voorzien van een ingelegde zilveren of platinareep, **limbus** genoemd, waarop alsdan die verdeling is aangebracht.

De thans nog veel voorkomende verdeling is de sexagesimale, waarbij de cirkelomtrek is verdeeld in 360 graden, de graad in 60 minuten en de minuut in 60 secunden.

De schrijfwijze voor de graden, minuten en secunden is °, ′, ″.

Bij de nieuwere instrumenten treft men meestal een andere verdeling aan, de centesimale, waarbij men de cirkelomtrek verdeelt in 400 graden, de graad in 100 minuten en de minuut in 100 secunden. Bij deze verdeling worden de graden aangeduid met de letter g, de onderdelen met c en cc. (Ook in ons land zijn o.a. bij de kadastrale dienst theodolieten met centesimale verdeling in gebruik).

Het grote voordeel dezer verdeling is gelegen in het gemak bij de uitvoering der berekeningen, aangezien de verkregen waarden der hoeken als decimale getallen kunnen worden beschouwd.

De graden op de hoekmeetinstrumenten zijn gewoonlijk verdeeld in halve of derde graden en bij zeer nauwkeurige instrumenten, in nog kleiner delen van een graad. De verdeling van de cirkelrand is gewoonlijk aangebracht in een richting gelijk aan die, waarin de wijzers van een uurwerk zich bewegen.

§ 36. **Alhidade.**

Om een as, die in het middelpunt van de cirkelrand loodrecht staat op het vlak van de rand, is een alhidade of wijzer draaibaar, welke alhidade aan het uiteinde voorzien is van een index. De index is zodanig geplaatst, dat deze zich juist langs de verdeelde rand beweegt. Voorziet men nu de alhidade van een vizier-inrichting, die zodanig is geplaatst, dat de oculairopening zich loodrecht boven het middelpunt bevindt, terwijl de objectief-spleet samenvalt met de index, dan kan men een zodanig instrument als een tot zijn eenvoudigste vorm teruggebracht hoekmeetinstrument beschouwen. Door de stand van de index af te lezen in twee standen van de alhidade, vindt men de hoek, die door de alhidade is doorlopen, door beide aflezingen van elkaar af te trekken.

§ 37. **Nonius.**

Uit het voorgaande volgt, dat men slechts dan een hoek voldoende nauwkeurig kan meten, indien de index juist samenvalt met een deelstreep op de rand. In het algemeen valt zulks evenwel zelden voor en dus dient een inrichting aanwezig te zijn, waardoor men in staat is een hoek nauwkeuriger te meten. Men bereikt zulks, door, in plaats van een index op de alhidade, gebruik te maken van een **nonius.**

De **nonius** is een deel van een cirkelrand, welke vast verbonden is met de alhidade en welke zich tegelijk met de alhidade beweegt langs de verdeelde cirkelrand.

De nonius is verdeeld in een bepaald aantal delen, welke iets kleiner zijn dan de delen van de rand, zodanig, dat n noniusdelen overeenkomen met n—1 delen van de rand. Noemt men een randdeel a, en een noniusdeel x, dan wordt x als volgt gevonden:

$$n \times x = (n - 1)\,a$$

$$x = \frac{(n - 1)\,a}{n} = a - \frac{a}{n}.$$

Hieruit volgt, dat **het verschil tussen een randdeel en een noniusdeel** gelijk is aan een randdeel gedeeld door het getal, dat aangeeft hoeveel delen van de nonius overeenkomen met een deel minder van de rand. Dit verschil is nl. $a - \left(a - \frac{a}{n}\right) = \frac{a}{n}$ en men noemt het **nonius-eenheid.**

Voorbeeld: De rand van een hoekmeetinstrument is verdeeld in halve graden, terwijl 10 delen van de nonius overeenkomen met 9 delen van de rand. Hoeveel bedraagt de noniuseenheid?

Door toepassing van het voorgaande vindt men:

$a = {}^{1}/_{2}{}^{\circ} = 30'$. $n = 10$.

De noniuseenheid is dus ${}^{30}/_{10}{}' = 3'$.

Op welke wijze de nonius gebruikt wordt, moge blijken uit het volgende; zie fig. 24.

De indextreep 0 bevindt zich tussen 10° 30′ en 11°. Door schatting

zou men als aflezing vinden 10° 50′. Gaat men nu de deelstrepen op de nonius na, dan ziet men, dat de deelstreep 18 ongeveer samenvalt met de deelstreep op de rand van 13° 30′. De deelstreep 15 van de nonius wijkt af met de deelstreep 13° op de rand over een afstand gelijk aan de noniuseenheid. Bij 12° 30′ is die afwijking verdubbeld, bij 12° is ze driemaal zo groot en bij de deelstreep 10° 30′ is ze 6 maal zo groot of gelijk aan 6 × de noniuseenheid. De grootte van het hoekje

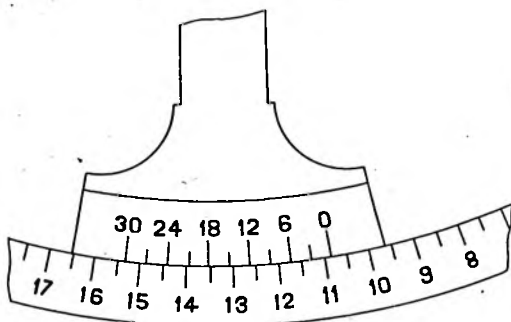


Fig. 24.

tussen deelstreep 10° 30′ en de indexstreep, hetgeen door schatting werd bepaald op 20′ blijkt dus te zijn 6 × 3′ = 18′. Teneinde de aflezing te vergemakkelijken, is de vermenigvuldiging reeds op de nonius zelf uitgevoerd, zoals uit de figuur blijkt.

Zeer dikwijls komt het voor, dat een deelstreep van de nonius niet

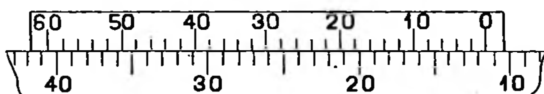


Fig. 25.

juist samenvalt met een deelstreep van de rand. Een dergelijk geval is voorgesteld in fig. 25, hetwelk de randverdeling van een hoekmeetinstrument, pantometer genaamd, weergeeft.

De rand is verdeeld in graden, terwijl 30 delen van de nonius overeenkomen met 29 delen van de rand; de nonius eenheid bedraagt dus $^{60}/_{30}{}'$ = 2′. Evenals bij de vorige figuur is ook hier de vermenigvuldiging terstond op de nonius uitgevoerd; elke verdeling op de nonius heeft alzo een waarde van 2′. Bij de aflezing heeft men te

kiezen tussen 11° 34′ en 11° 36′, aangezien de deelstreepjes 34 en 36 van de nonius beide in de termen vallen. In dit geval zal men dus voor de juiste aflezing 11° 35′ kiezen.

Beschouwt men thans fig. 24, dan ziet men, dat de deelstreep 18 van de nonius niet precies samenvalt met de deelstreep van de rand. Om hier nu de juiste aflezing te kunnen verrichten, redeneert men als volgt:

De afstand tussen deelstreep 18 en deelstreep 13° 30′, vermeerderd met de afstand tussen deelstreep 21 en deelstreep 14°, moet opleveren één noniuseenheid of 3′. Bij nauwkeurige beschouwing ziet men, dat eerstgenoemde afstand ongeveer de helft bedraagt van de laatstgenoemde, waaruit volgt, dat de waarde 10° 48′ nog vermeerderd moet worden met $^1/_3$ noniuseenheid of 1′, zodat de juiste aflezing wordt 10° 49′.

§ 38. **Parallax.**

Bij het verrichten ener aflezing zij men er steeds op bedacht het oog te plaatsen in het vlak, loodrecht staande op de rand ter plaatse, waar de samenvalling der deelstrepen moet beoordeeld worden. Daar het nl. gemakkelijk kan voorkomen, dat de nonius en de rand niet volkomen zuiver tegen elkaar sluiten, zo zou men, wanneer men in schuine richting de samenvalling beoordeelde, licht tot een verkeerde aflezing kunnen besluiten. Dikwijls wordt vóór de index-streep en nà de eindstreep van de nonius een oververdeling van een of twee noniusdelen aangebracht om zeker te gaan van een juiste aflezing wanneer de indexstreep nagenoeg samenvalt met een randstreep.

Bij verscheidene hoekmeetinstrumenten is de randverdeling meestal op een kegelvormig vlak aangebracht, opdat de cijfers en deelstrepen een zo gunstig mogelijke stand innemen voor het oog. Om de samenvalling naar behoren te kunnen constateren is dan een loupe aangebracht, die enigszins verplaatsbaar is om een eventuele parallax te kunnen opheffen.

§ 39. **Afleesmicroscoop.**

Hoewel de enkelvoudige loupe in de meeste gevallen voldoende is om de nonius naar behoren af te lezen, bestaat er een inrichting, onder de naam van **afleesmicroscoop**, waarmede gemakkelijker en nauwkeuriger de randverdeling is af te lezen.

In fig. 26 is een dergelijke afleesmicroscoop afgebeeld, welke in hoofdzaak bestaat uit een kijkerbuisje A, aan het ene eind voorzien van een objectief B en aan het andere eind van een gewoon Ramsden-oculair C. Direct onder het oculair-buisje bevindt zich een dun glazen plaatje D, waarop een zeer fijne schaalverdeling met een index is aangebracht. De gehele microscoop wordt door een arm E vastgehouden, die een zodanige stand heeft, dat de as van de afleesmicroscoop ongeveer loodrecht staat op de randverdeling. Het buisje kan enigermate in de ringen van de arm verschoven worden, nadat zo nodig de klemschroefjes zijn losgedraaid. Van onderen is het buisje, hetwelk de objectieflens bevat, voorzien van een illuminator F.

Het instellen van de microscoop geschiedt als volgt: Met behulp

van het oculairbuisje stelt men het glasplaatje zodanig in, dat hiervan een scherp beeld wordt verkregen. Door het verschuiven van het objectiefbuisje is de microscoop nu zodanig te stellen, dat een scherp beeld van een randdeel wordt verkregen. Dit moet samenvallen met de schaal op het glasplaatje.

Is dit niet het geval, dan wordt de gehele microscoop in de ringen verschoven tot die samenvalling is verkregen. De beeldscherpte komt dan

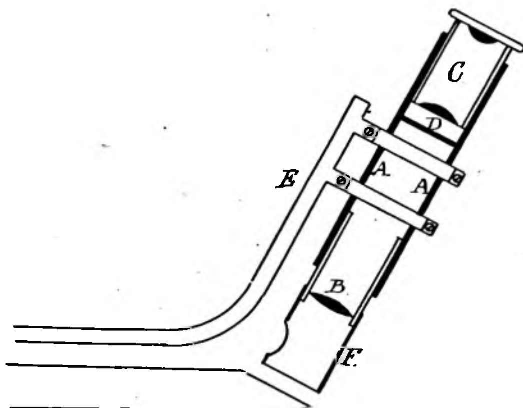


Fig. 26.

echter in het gedrang en daarom moeten de genoemde bewerkingen hand in hand gaan, totdat de gewenste samenvalling is verkregen. Op deze wijze verdeelt men dus een randdeel onmiddellijk in een bepaald aantal delen, die dan door schatting weer in onderdelen kunnen worden gesplitst.

§ 40. Excentriciteit.

Zal een hoek nauwkeurig worden afgelezen op de rand, dan ligt hierin opgesloten, dat het draaipunt van de alhidade zuiver moet samenvallen met het middelpunt van de rand. Is dit niet het geval, dan komt de hoekverplaatsing van de alhidade niet overeen met de boog, welke op de rand wordt afgelezen en wordt er dus een fout gemaakt, **excentriciteitsfout** genaamd.

In fig. 27 stelt M het middelpunt voor van de rand Q P Q' P', terwijl E het middelpunt is van de alhidade. Meet men dus de hoek Q E P, dan leest men af de hoek Q M P. Deze twee hoeken zijn niet gelijk en het verschil is dus de fout in de excentriciteit.

Hoewel de excentriciteitsfout in de meeste gevallen slechts een geringe waarde bereikt, is deze toch voor de meer nauwkeurige metingen van

invloed en heeft men in het volgende een middel gevonden, om de resultaten der meting onafhankelijk te maken van de excentriciteitsfout.

Daartoe is het hoekmeetinstrument voorzien van een volle rand, terwijl de alhidade ook aan de andere kant van het draaipunt verlengd is en hier evenzo voorzien van een index of nonius, welke diametraal tegenover de eerste is gelegen. Bevindt zich dus in fig. 27 de index van nonius I bij P, dan is die van nonius II bij P'. Bij het meten van de hoek P E Q, doorloopt index I dus de boog P Q en index II tegelijkertijd bg. P' Q'. Leest men nu beide noniën af dan geeft het gemiddelde van beide aflezingen de juiste hoek P E Q aan, daar deze gelijk is aan de halve som der bogen P Q en P' Q'. Men vindt dus de juiste waarde, bevrijd van de fout, voortspruitende uit de excentriciteit.

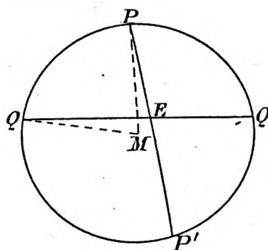
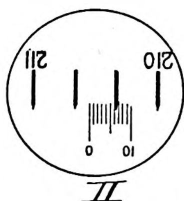
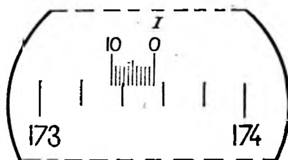


Fig. 27.

§ 41. Het aflezen van de microscoop.

In fig. 28 zijn de beelden weergegeven, welke in de beide, diametraal tegenover elkaar staande, afleesmicroscopen van een hoekmeetinstrument worden waargenomen.





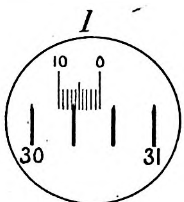


Fig. 28.

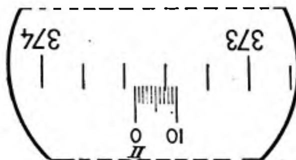


Fig. 29.

De rand van het instrument is verdeeld in derde graden en de schaalverdeling in de microscoop telt tien verdelingen. Elk schaaldeel vertegenwoordigt dus een werkelijke waarde van twee minuten; toch is de vermenigvuldiging, zoals die bij de gewone noniën werd vermeld, niet aangebracht.

Men leest nl. af in zogenaamde „dubbelminuten".

De index van micr. I staat tussen 30° 20′ en 30° 40′, ruim zes verdelingen voorbij de deelstreep 30° 20′. Men zou dus kunnen aflezen rechtstreeks op de rand 30° 32′ en na verdere aflezing van de microscoop 30° 33′ 30″. Evenzo zou men op micr. II kunnen aflezen 210° 32′ 50″ en de gemiddelde aflezing zou dan bedragen 30° 33′ 10″.

Op deze wijze wordt echter niet gehandeld; de methode zou onnodige berekening vergen. Het aflezen geschiedt als volgt:

op micr. I	30°	16′	40″	
op micr. II	210°	16′	30″	
				optellen

De aflezing wordt 30° 33′ 10″ of 210° 33′ 10″.

Men noteert dus eerst de volle graden en telt daarbij de onderdelen, waarbij elk onderdeel voor zijn **halve** waarde in rekening wordt gebracht.

Het zal duidelijk zijn dat men door samentelling der beide aflezingen de werkelijke waarde van de onderdelen verkrijgt.

In fig. 29 zijn de beelden weergegeven, die men waarneemt bij een instrument met centesimale verdeling.

De aflezing geschiedt als volgt:

op microscoop I	173 g	27 c	30 cc	
op microscoop II	373	27	30	
				optellen
	173	54	60	
	373	54	60	

HOOFDSTUK II.

Instrumenten voor het uitzetten van rechte hoeken.

§ 42. Het komt in het landmeten herhaaldelijk voor, dat op het terrein, op een gegeven lijn, een loodlijn moet worden opgericht, of wel van uit een bepaald punt een loodlijn op de gegeven lijn moet worden neergelaten. Hoewel zulks met elk soort hoekmeetinstrument kan worden uitgevoerd, is het echter veel gemakkelijker met bepaald voor dit doel vervaardigde instrumentjes, die slechts weinig plaats innemen, het gewenste resultaat te verkrijgen.

§ 43. **Het spiegelkruis**, fig. 30a, b en c.

De inrichting van dit instrument berust op de volgende eigenschap: Wanneer een lichtstraal, welke gelegen is in een vlak, hetwelk loodrecht staat op de gemeenschappelijke doorsnede van twee vlakken sp.egels,

valt op een der spiegels, zodanig, dat deze straal teruggekaatst wordt naar de andere spiegel en van deze weder teruggeworpen wordt, dan zal de eerst invallende lichtstraal een hoek maken met de tweemaal

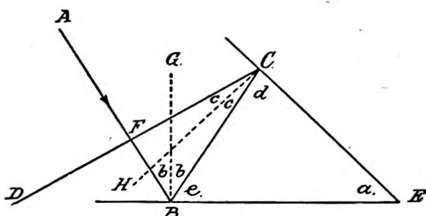


Fig. 30a.

teruggekaatste, welke gelijk is aan het dubbele van de hoek tussen de twee spiegels.

Zij in fig. 30a A B een lichtstraal, die bij B op de spiegel B E valt, dan wordt A B teruggekaatst in de richting B C, zodanig, dat $\angle$ ABG = $\angle$ GBC = b is. (De lijn BG stelt nl. de normaal voor, welke dus loodrecht staat op BE. De hoek ABG is de hoek van inval, terwijl $\angle$ GBC de hoek van terugkaatsing voorstelt). De straal BC valt bij C in de spiegel EC, welke straal wordt teruggekaatst in de richting CD. $\angle$ BCH is dus gelijk aan $\angle$ HCF = c. Nu is $\angle$ AFC als buitenhoek van $\triangle$ FBC = 2b + 2c. Verder is:

$$d = 90^\circ - c$$
$$e = 90^\circ - b$$
$$\overline{}$$
$$d + e = 180^\circ - b - c$$

of $\quad 180^\circ - a = 180^\circ - b - c,$

waaruit volgt:

$$a = b + c \text{ en}$$
$$2\,a = 2\,b + 2\,c.$$

Ook is $\angle$ AFC, dat is de hoek, die de intredende en de tweemaal teruggekaatste lichtstraal met elkaar maken, gelijk aan 2 b + 2 c, zodat dus $\angle$ AFC = 2 a.

§ 44. In fig. 30b vindt men een hoekspiegel afgebeeld, zoals die tegenwoordig veelvuldig worden vervaardigd.

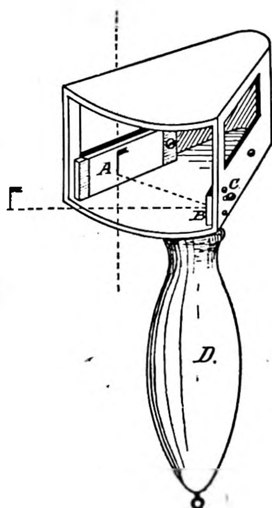


Fig. 30b.

Aan de voorzijde is het instrument open, terwijl het van onderen en van boven begrensd is door sectorvormige koperen platen en ter weers-

zijden door koperen zijwanden, welke een hoek van 45° met elkaar maken. In de zijwanden zijn in de bovenste helft openingen aangebracht, terwijl de onderste helften inwendig voorzien zijn van twee vlakke spiegels A en B. De spiegel A heeft een vaste stand, terwijl de spiegel B met behulp der correctieschroefjes C een zodanige stand is te geven, dat de spiegels een hoek van 45° met elkaar maken. Het instrument wordt bij het gebruik in de hand gehouden, waartoe het handvat D is aangebracht.

§ 45. Fig. 30c geeft weer, op welke wijze het instrument wordt gebruikt. Men plaatst zich in de lijn, die op het terrein is aangegeven, welke lijn samenvalt met de invallende lichtstraal AC. Het oog is geplaatst bij E en ziet aldus in de spiegel D het beeld van het voorwerp A, volgens de richting DE.

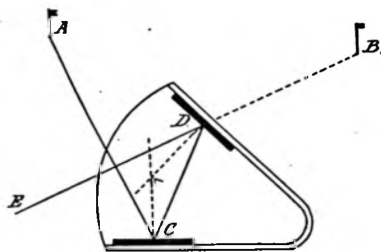


Fig. 30c.

Over de spiegel D thans heenziende, gaat men na, of het beeld van het voorwerp A in het verlengde valt van de jalon, die geplaatst is in B. Is dit het geval, dan is zulks het bewijs, dat de lijnen BE en AC rechte hoeken met elkaar maken; in het andere geval wordt òf de jalon B zodanig verplaatst, tot de gewenste samenvalling is verkregen, òf wel men verplaatst zich zoveel in de lijn A C, tot het beeld van A zich bevindt juist onder het rechtstreeks geziene voorwerp B.

§ 46. Ten einde na te gaan of de hoekspiegel aan de gewenste eisen voldoet, kan men de methode volgen, zoals in fig. 31 is aangeduid. Nadat een willekeurige lijn A E op het terrein is uitgezet, zet men van uit C een loodlijn uit met het ongeregelde instrumentje op de lijn C A. De aldus bepaalde lijn C F wordt op het terrein door middel van een jalon bij F aangegeven, waarna men ten opzichte der lijn C E evenzo handelt; bij G wordt een jalon geplaatst. Men zorge hierbij, dat de jalons F en G op een zelfde afstand van de lijn A E worden geplaatst.

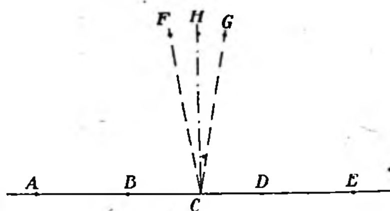


Fig. 31.

Er blijkt nu, dat de hoekspiegel niet aan de eis voldoet; in het onderhavige geval is de hoek tussen de beide spiegels kleiner dan 45°. De loodlijn, in C op A E opgericht, moet samenvallen met C H en men ziet gemakkelijk in, dat het punt H gevonden wordt, door de afstand F G te halveren. Geeft men het punt H door middel

van een jalon aan, dan wijzigt men vervolgens de stand der spiegels van het instrumentje zodanig met behulp van de correctieschroefjes C, totdat de beelden van de lijnen C A en C E in het verlengde vallen van de jalon H.

Aangezien de spiegelinstrumenten door vallen gemakkelijk ontregeld kunnen worden, worden zij meer en meer verdrongen door de prisma's, die niet ontregeld kunnen worden.

§ 47. **Prisma van Bauernfeind** (fig. 32 en 33).

Het prisma van Bauernfeind bestaat uit een massief glazen prisma A B C, welks normale doorsnede een gelijkbenige rechthoekige driehoek is (fig. 32). Het vlak A B (in de figuur de hypothenusa van △ A B C) is verfoelied, terwijl de vlakken A C en B C gepolijst zijn. Ter bescherming van het prisma is het aan alle zijden, behalve aan de zijvlakken A C en B C, omgeven door een koperen montuur, hetwelk van onderen voorzien is van een handvatje.

Het instrumentje wordt op soortgelijke wijze gebruikt als het spiegelkruis; de gang der lichtstralen is echter anders.

Zij in fig. 32 D E een invallende lichtstraal, dan wordt deze, bij de overgang van de lucht in het glas, gebroken naar de normaal E a toe. De lichtstraal valt nu op het vlak C B onder een zo grote invalshoek, dat de straal niet meer kan uittreden, tengevolge waarvan totale terugkaatsing ontstaat. Het vlak B C werkt thans als een gewone vlakke spiegel en kaatst de straal terug naar het hypothenusa-vlak A B, waar opnieuw terugkaatsing plaats vindt in de richting G H. De lichtstraal G H wordt bij de uittreding van het glas in de lucht opnieuw gebroken, doch nu van de normaal H c af, waardoor zij in de richting H K het instrumentje verlaat.

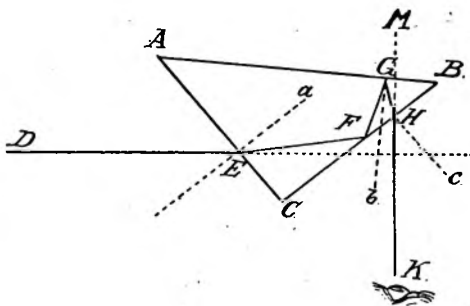


Fig. 32.

Is nu de normale doorsnede van het prisma zuiver een gelijkbenige rechthoekige driehoek, dan zal de invallende lichtstraal D E met de uittredende H K juist een rechte hoek vormen. Beschouwt men nl. eerst die stralen, welke gelegen zijn binnen het prisma; dan volgt uit fig. 32, dat de lichtstralen E F en G H een hoek van 90° met elkaar maken, aangezien de vlakken B C en A B als spiegels werken, die een hoek van 45° met elkaar maken.

De lichtstraal D E maakt met E F een hoek, die even groot is als de hoek tussen de stralen G H en H K, waaruit volgt, dat ook D E loodrecht moet staan op H K.

§ 48. Uit de figuur volgt thans gemakkelijk de wijze, waarop het instrumentje gebruikt wordt. Plaatst men nl. het oog bij K in fig. 32, terwijl het instrument wordt gehouden als in fig. 33, dan ziet men in de rechterhoek van het prisma bij H het beeld van het voorwerp D (fig. 32). Ziet men thans **over** het prisma heen naar het voorwerp M en neemt men hierbij waar, (door beurtelings **in** het prisma en er **overheen** te zien) dat het voorwerp M in het verlengde ligt van het beeld van D, dan staat de lijn M K loodrecht op D E. Vindt de samenvalling niet plaats, dan handelt men op dezelfde wijze als in § 45 is aangegeven.



Fig. 33.

Verder ziet men, dat het instrument op twee manieren kan gebruikt worden.

In fig. 32 werd het oog geplaatst bij K, terwijl de invallende lichtstraal ongeveer evenwijdig met het hypothenusa-vlak A B inviel. Men beoordeelt dus de samenvalling in een richting, ongeveer loodrecht op A B.

Ook kan men het oog plaatsen bij D, waarbij dan de lichtstraal K H ongeveer loodrecht op A B invalt, terwijl de beoordeling der samenvalling van beeld en voorwerp plaats vindt in een richting, nagenoeg evenwijdig met A B.

In dit geval ziet men het beeld dus in het rechter hoekje van zijvlak A C (nabij de rechte hoek van het prisma).

Bij een eerste gebruik van het instrumentje zal men meestal meerdere beelden van het voorwerp waarnemen; men zorge echter slechts dàt beeld waar te nemen, hetwelk, bij een geringe draaiing van het prisma om zijn verticale as, onveranderlijk blijft staan en dus, in tegenstelling met de overige beelden, niet mededraait. Men zoeke daarom het beeld daar, zoals in fig. 32, is aangegeven, dus òf nabij de hoek van 45°, òf nabij de rechte hoek.

Om te onderzoeken, of het instrument aan de gestelde eisen voldoet, slaat men dezelfde weg in als bij de hoekspiegel is aangegeven.

Van een eventuele correctie is echter geen sprake; het instrument is òf goed, òf verkeerd en men doet dus wel, om bij het aanschaffen zich hiervan van te voren te overtuigen.

§ 49. **Het vijfzijdig prisma of pentagoon.** Dit instrument bestaat uit een vijfzijdig glazen prisma, waarvan de zijvlakken A E en D C verfoelied zijn, terwijl de twee vlakken A B en B C, die een rechte hoek met elkaar maken, gepolijst zijn (zie fig. 34a). De gang der lichtstralen blijkt uit de figuur.

In fig. 34b is het instrument afgebeeld, zoals het in de handel wordt gebracht; van het glazen prisma zijn alleen de twee zijvlakken A B en B C onbeschermd.

Het instrument wordt op overeenkomstige wijze gebruikt als het prisma van Bauernfeind; het heeft echter grote voordelen boven laatstgenoemd. Het gezichtsveld is groter, terwijl de beelden belangrijk scherper zijn,

daar de lichtstralen over 't algemeen meer rechthoekig op de prisma-vlakken vallen.

De hier beschreven reflectie-instrumenten dienen voornamelijk tot het

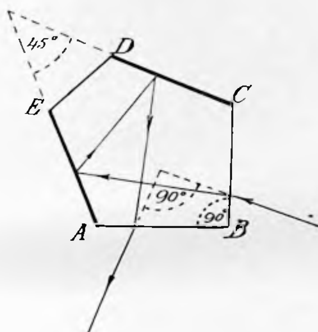


Fig. 34a.

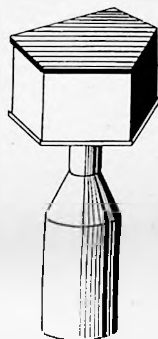


Fig. 34b.

uitzetten van loodlijnen tot een lengte van ± 40 m. Bij het verrichten van enigszins nauwkeurige metingen is het niet gewenst langere loodlijnen te nemen.

HOOFDSTUK III.

Instrumenten voor lengtemeting.

§ 50. De instrumenten voor lengtemeting, welke in het landmeten het meest gebruikt worden, zijn:

a. meetlatten of meetstaven,
b. meetkettingen,
c. meetbanden of meetveren.

§ 51. De **meetlatten** worden gewoonlijk vervaardigd van grenen- of teakhout en zijn, bij een lengte van 2 m of van 5 m, meestal recht-



Fig. 35.

hoekig in doorsnede. Aan de uiteinden is een meetlat voorzien van ijzeren beslag, waarvan de dikte in de lengte van de meetlat is begrepen. De meetlatten zijn onderverdeeld in decimeters en centimeters (zie fig. 35). In hoofdzaak worden zij gebezigd bij het meten van korte lijnen, zoals

loodlijnen bij een détailmeting en verder tot het meten van afstanden, waarbij het op grote nauwkeurigheid aankomt.

§ 52. **Meetkettingen** worden meestal vervaardigd in lengten van 10 m en van 20 m. Zij bestaan uit een aantal schakels, ter lengte van 0.5 m welke door middel van ringen aan elkaar zijn verbonden. Aan de uiteinden bevinden zich handvatten, waarin halfcirkelvormige openingen aanwezig zijn, waardoor de meetpen gestoken wordt. Ter vergemakkelijking van het aflezen van een gemeten afstand zijn de meetkettingen dikwijls zodanig ingericht, dat de ringen bij de volle meters

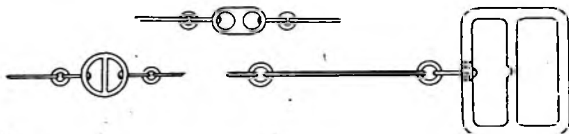


Fig. 36.

uit een ander metaal zijn vervaardigd dan die bij de halve meters; verder zijn door grotere koperen ringen de vijftallen van meters aangeduid. Om met de meetketting te kunnen meten heeft men meetpennen nodig, waarmede men, op de te meten lijn, de afstanden van 20 of 10 m aangeeft (zie fig. 36 en 37).



Fig. 37.

§ 53. **De meetveren of meetbanden**, welke in de laatsten tijd veelvuldig gebruikt worden, bestaan uit een geharde stalen reep, ter lengte van 10 of 20 m en zijn, evenals de meetkettingen, aan de uiteinden voorzien van handvatten. Ook bij de meetveren worden pennen gebruikt. Gewoonlijk zijn de meetveren verdeeld in decimeters, welke met koperen klinknageltjes of ronde gaatjes op de band zijn aangegeven. Voor het gemakkelijk aflezen van de gemeten afstanden zijn verder de halve en de gehele meters, benevens vijftallen van meters weer op een andere wijze aangegeven; meestal met koperen plaatjes. (zie fig. 38).

§ 54. Wat nauwkeurigheid aangaat, staan de meetlatten bovenaan; de meetveren, hoewel ook zeer nauwkeurig, zijn echter iets minder zuiver dan eerstgenoemde, terwijl de meetkettingen het minste vertrouwen verdienen; zij rekken nl. vrij sterk, de cirkelvormige ringen worden spoedig uitgerekt tot ellipsen, terwijl het gemakkelijk voorkomt, dat een schakel krom buigt. Tengevolge van deze euvelen is een meetketting daarom zelden of nooit „op maat". Zij zijn echter in vele gevallen te verkiezen boven de meetveren, vooral wanneer men veel met ongeoefende arbeiders heeft te werken. Een ruwheid in de behandeling kan hoogstens een of meer schakels doen krombuigen, terwijl een zelfde handelwijze met de meetveer deze als glas kan doen breken.

§ 55. Bij het meten met ketting of meetveer gaat men als volgt te werk. Nadat de ketting geheel is uitgelegd op het terrein, en na zorgvuldig te hebben nagegaan, dat de schakels behoorlijk in de ringen draaien, wordt het achtereind van de ketting vastgehouden op het punt, van waaruit men begint te meten. Zodra de voorman, die voorzien is van zes of elf pennen, thans de ketting of meetveer in die juiste lijn heeft gelegd, hetgeen door de achterman wordt beöordeeld, zet eerstgenoemde, na de ketting behoorlijk strak te hebben getrokken, een pen in de

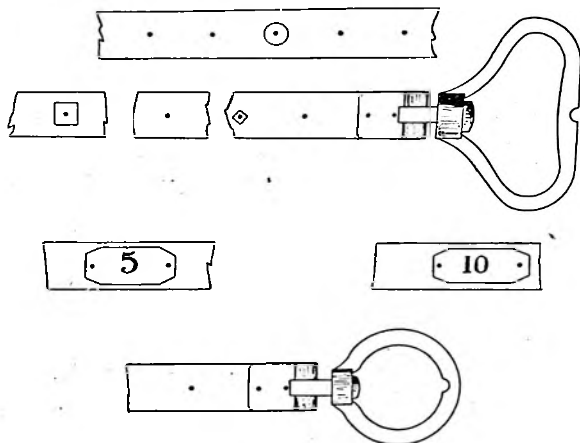


Fig. 38.

grond in de half-cirkelvormige opening, waarna hij de ketting opneemt en hem verder sleept, totdat de achterman waarschuwt, dat deze tot de in de grond geplaatste pen is genaderd. De achterman legt vervolgens zijn handvat met de opening achter de pen en laat de voorman opnieuw een pen zetten. Zo voortgaande zet de voorman achtereenvolgens al zijn pennen in de grond, welke door de achterman worden verzameld. Zodra de voorman zijn laatste pen heeft gestoken, worden de pennen van de achterman overgegeven, **waarbij de voorman nooit mag verzuimen deze na te tellen.** Gewoonlijk wordt nl. met 11 pennen gemeten en blijkt dus, dat, wanneer de laatste pen gestoken is, een afstand van 200 m of van 100 m is gemeten tot aan het achtereind van de ketting. Elke pen vertegenwoordigt alzo een waarde van 20 m en het is dus beslist nodig, dat bij elke genoemde gelegenheid het aantal pennen gecontroleerd wordt. Een te meten afstand wordt dus bepaald, door het aantal pennen van de achterman te vermenigvuldigen met de lengte van de ketting of meetveer en bij dit product eventueel het nog resteerend gedeelte van 20 m op te tellen.

§ 56. Bij het meten met behulp van latten, legt men de eerste lat in de juiste richting en legt daarna een andere meetlat in het verlengde van eerstgenoemde, zodanig, dat ze elkaar raken. Zo voortgaande, wordt de gehele lijn gemeten, waarbij men er op bedacht moet zijn de staven of meetlatten voorzichtig tegen elkaar te leggen, opdat de eerste niet een klein weinig wordt teruggeschoven.

§ 57. Bij het meten moet men er steeds op bedacht zijn, dat alleen horizontale afstanden gevraagd worden. Heeft men dus een terrein, hetwelk een bepaalde helling naar een zijde heeft, dan moet aan elke hellende lijn, die gemeten wordt, een zodanige correctie worden gegeven, dat de gecorrigeerde waarde gelijk is aan de horizontale afstand. Bij het meten met latten gaat men in een zodanig geval te werk als is voorgesteld in fig. 39. De meetlat wordt telkens met behulp van een buisniveau

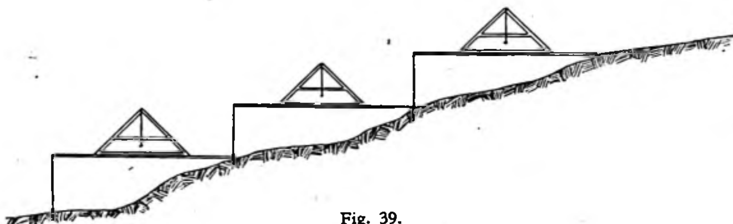


Fig. 39.

of een timmermanswaterpas horizontaal gehouden en het einde van de lat, door middel van een schietlood, op de grond geprojecteerd. Van uit dit punt wordt vervolgens de tweede lat op dezelfde wijze in de goede richting gelegd enz.

§ 58. Bij het meten van hellende lijnen, met behulp van meetketting of meetveer, moet men er op letten dat de ketting of band niet te veel doorbuigt in het midden. Nadat de band goed strak en op 't oog horizontaal wordt gehouden, wordt de meetpen, die men aan het eind van de band heeft vastgehouden, losgelaten en wordt op deze wijze het uiteinde van de band of ketting op de grond geprojecteerd. Is een grotere nauwkeurigheid vereist, dan moet het uiteinde worden geprojecteerd met een schietlood.

In het algemeen moet bij lengtemetingen steeds naar de grootst mogelijke accuratesse worden gestreefd. Vooral is het zaak, dat de band, ketting, of meetlat steeds zuiver in de goede richting wordt gelegd, aangezien een eenmaal hierdoor begane fout niet hersteld kan worden, dan door de lijn opnieuw te meten. Het twee of meermalen meten van een lijn is steeds aan te bevelen. Het gemiddelde der verkregen lengten neemt men als uitkomst aan.

HOOFDSTUK IV.

Het uitbakenen van rechte lijnen.

§ 59. Een belangrijk onderdeel van het opmeten van een terrein is het uitzetten van lijnen. Men maakt daarbij gebruik van jalons of baken; dat zijn stokken, ter lengte van ± 2 m en langer, die per 50 cm of 20 cm afwisselend rood en wit zijn geverfd en van onderen voorzien zijn van een ijzeren punt. De jalons worden loodrecht in de grond geplaatst, hetgeen op het oog beoordeeld wordt. Jalons, die men voorlopig nog niet nodig heeft, plaatse men nooit verticaal in de grond, ten einde fouten in de opneming te voorkomen. Wenst men een lijn uit te bakenen tussen twee punten A en B (fig. 40) dan plaatst men in die punten een jalon en laat door een helper zoveel jalons plaatsen tussen A en B in, als men nodig oordeelt voor het aangeven van de lijn. Is de afstand A B niet te groot, zodat van uit het ene punt het andere met het blote oog goed te zien is, dan heeft de uitzetting van de lijn als volgt plaats.



Fig. 40.

§ 60. Op enige meters afstand achter de jalon A staande, laat men door een helper een jalon plaatsen ter hoogte van a en duidt hem door bewegingen met de armen aan in welke richting hij zijn jalon moet verplaatsen, opdat deze in de zelfde richting komt van de lijn A B. Nadat de eerste jalon geplaatst is, verdient het aanbeveling, om bij het plaatsen van de volgende jalon, zich nu achter de jalon bij a te plaatsen en dit wel om twee redenen. In de eerste plaats wordt de afstand tot de verste baak daardoor geringer, het richten op de kortere afstand wordt zuiverder, zodat een grotere nauwkeurigheid verkregen wordt bij het uitbakenen, terwijl in de tweede plaats een mogelijke fout in de plaatsing van de eerste baak bij een volgende jalon wel niet opgeheven wordt, doch de oorspronkelijke fout zal, hoe dichter men tot het punt B nadert, steeds geringer worden. Vooral bij het uitzetten van enigszins lange lijnen is deze wijze van uitbakenen aan te bevelen.

§ 61. Ook kan men, achter A staande, de meest verwijderde jalon eerst richten en daarna bij A eindigen. Het bezwaar bij deze wijze is echter, dat men, vooral bij lange lijnen, een minder zuivere bepaling van de eerst geplaatste jalons verkrijgt.

Kan men bij het uitbakenen van lijnen over een kijker beschikken, dan kan men de nauwkeurigheid veel verhogen. Een gewone binocle verschaft reeds zeer goede resultaten, doch wenst men een nog grotere nauwkeurigheid te bereiken, dan dient men gebruik te maken van een kijker, welke is ingericht als vizierinrichting.

§ 62. In vele gevallen is het evenwel niet mogelijk om op de boven aangegeven wijze een lijn uit te bakenen. Het komt nl. somtijds voor, dat die beide punten niet toegankelijk zijn, d.w.z. het terrein biedt geen gelegenheid om zich achter een der jalons te plaatsen. In fig. 41 stellen A en B twee punten voor van gebouwen, die door een rechte lijn



Fig. 41.

moeten verbonden worden. Twee personen nemen nu elk een jalon en plaatsen zich naar schatting zo goed mogelijk in de lijn A B. D laat vervolgens door C een jalon plaatsen in de lijn A D, waarop C nagaat of de lijn C D gericht is op het punt B. Is dit niet het geval, dan wordt thans D verplaatst naar D_1, zodat C D_1 samenvalt met de lijn C B. Nu zal echter C, vanuit D_1 gezien, niet meer gericht zijn op A, tengevolge waarvan C dus verplaatst wordt naar C_1. Zo voortgaande worden beurtelings de jalons C en D verplaatst, totdat deze gelegen zijn in de lijn A B. Na enige oefening op bovenomschreven wijze heeft het richten plaats, terwijl beide personen zich als 't ware tegelijk verplaatsen.

Dezelfde methode kan worden toegepast, indien zich b.v. tussen de punten A en B een terreinhoogte bevindt, zodat A van uit B en omgekeerd niet is waar te nemen. De punten C en D moeten dan zodanig gekozen worden, dat B vanuit D is te zien.

§ 63. Een tweede geval hetwelk zich dikwijls voordoet bij het uitzetten van een rechte lijn, komt neer op het volgende: (zie fig. 42).



Fig. 42.

Twee punten A en B zijn op het terrein aangegeven, terwijl zich op de lijn A B een hindernis bevindt, bijv. een groep bomen of kreupelhout, waardoor de punten onderling onzichtbaar zijn. Men verlangt de lijn A B voor en achter de hindernis uit te zetten.

Daartoe spoort men een punt C op, zodanig, dat van uit C het punt B te zien is, en bakent de lijn C B uit. Vervolgens laat men op de lijn C B, met behulp van een hoekspiegel of prisma, uit het punt A de loodlijn neer en meet daarna deze loodlijn A D, benevens den afstand B D. Gedurende het meten van de lijn B D geeft men op het terrein, met behulp van jalons, bepaalde afstanden van 50 à 100 m aan. Van de rechthoekige △ A D B kent men nu twee rechthoekszijden, benevens

de verdeling van de rechthoekszijde D B. Zijn E, F, D en H deze gemarkeerde punten en richt men in die punten de loodlijnen Ee, Ff, Gg en Hh op, dan kan de lengte van die loodlijnen worden berekend met behulp van de vergelijking:

$$A D : e E : f F : g G : h H = D B : E B : F B : G B : H B.$$

Door dus deze berekende lengten op de loodlijnen af te meten, verkrijgt men de punten e, f, g en h, die in de lijn A B zijn gelegen. Hierbij dient opgemerkt te worden, dat men zou kunnen volstaan met het bepalen der twee punten f en g, welke juist vóór en achter de hindernis zijn gelegen. Teneinde evenwel contrôle te kunnen uitoefenen op de juiste bepaling dier punten, is het gewenst nog meer punten, bijv. e en h te nemen. Liggen dus, na het inmeten der punten e en f, deze in dezelfde lijn met het punt A, dan wijst dit op een juiste bepaling van de punten. Zoals men kan opmerken vereist deze methode, vooral als het een lange lijn geldt, meerdere berekeningen. Om dit te voorkomen kan men de volgende weg inslaan (zie fig. 43).

Fig. 43.

§ 64. Nadat men weer op dezelfde wijze de lijn B C heeft uitgebakend en de loodlijn A C gemeten, wordt in B op de lijn B C de loodlijn D B opgericht en deze even lang afgemeten als de lijn A C. De lijn gaande door C en D, is dus evenwijdig met A B, aangezien C D een zijde is van het parallelogram A B D C. Meet men nu de afstand B E, dan kan men, door van uit een willekeurig punt in de lijn C D een loodlijn op te richten ter lengte van E B, zoveel punten van de lijn A B bepalen als men wil. Zoals men ziet, verdient deze methode de voorkeur boven de eerstgenoemde, indien de gesteldheid van het terrein deze methode althans toelaat.

HOOFDSTUK V.

De opmeting van een terrein van kleine omvang, met behulp der meest eenvoudige meetwerktuigen.

§ 65. Bij de opmeting van een bepaald terrein stelt men zich meestal ten doel van dat terrein een kaart te vervaardigen, welke een verkleind beeld geeft van de horizontale projectie van dat terrein.

Dikwijls echter wenst men alleen de grootte van het terrein te

kennen, zonder dat het nodig is een kaart hiervan te maken. Al naarmate men nu het een, of het andere, of wel beide wenst, behoort men met de opmeting hiermede rekening te houden. Wenst men bijvoorbeeld een volkomen driehoekig terrein in kaart te brengen, dan kan men volstaan met één zijde te meten, benevens de loodlijn van uit het overstaande hoekpunt op de zijde neergelaten, terwijl men verder de plaats van het voetpunt der loodlijn moet weten, om de driehoek te kunnen construeren. Verlangt men alleen de grootte van hetzelfde terrein, dan behoeft men enkel basis en hoogte te meten om het doel te bereiken. In het volgende zal worden nagegaan op welke wijze men een terrein van niet te grote omvang, enkel met behulp van instrumenten voor lengtemeting, met die voor 't uitzetten van rechte hoeken en met jalons, kan in kaart brengen, terwijl met de verzamelde gegevens dan tevens de grootte van het terrein kan bepaald worden. De opmeting van een volkomen vierkant of rechthoekig terrein zal weinig moeilijkheden opleveren: hierbij zal dus niet verder worden stilgestaan; bovendien komen dergelijke terreinen in 't landmeten zelden voor.

§ 66. Een veel voorkomende figuur in het landmeten is de veelhoek, in zijn eenvoudigste vorm teruggebracht tot de driehoek. Wenst men het driehoekig terrein, voorgesteld in fig. 44, in kaart te brengen, dan kan zulks op verschillende manieren plaats vinden. Men kan b.v. eerst de zijde A B uitbakenen en vervolgens uit C de loodlijn C D neerlaten met behulp van prisma of hoekspiegel. Meet men nu de afstanden A D, A B en C D, dan kan men de driehoek construeren, terwijl men tevens de grootte kan berekenen. Dezelfde methode kan men natuurlijk ook toepassen met de andere zijden.

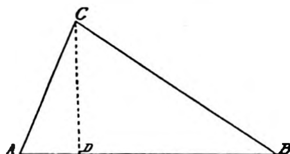


Fig. 44.

· Een tweede methode, die tot het beoogde doel leidt, bestaat in het opmeten van de drie zijden.

§ 67. Strikt genomen kan men dus volstaan met de toepassing van één der twee methoden. In het algemeen is dit echter niet voldoende. Mocht bijvoorbeeld een der te bepalen afstanden niet nauwkeurig zijn gemeten, dan zal de constructie, zowel als de berekening, foutief zijn. Het is dus wenselijk, of beter gezegd, noodzakelijk, dat de meting gecontroleerd wordt. Men kan dit in het hier genoemde geval bereiken door de driehoek op twee verschillende manieren op te meten. Blijkt het nu, na de tweede constructie en berekening, dat beide uitkomsten gelijk zijn, of slechts zeer weinig van elkaar verschillen, dan mag met voldoende zekerheid worden aangenomen, dat de meting goed is verricht. In het andere geval daarentegen is het nodig, dat door het uitvoeren van een derde meting de gewenste uitkomst wordt verkregen.

§ 68. Als vaste regel moet steeds worden aangenomen, dat geen meting wordt verricht zonder hierop contrôle uit te oefenen. Deze regel geldt zowel voor kleinere als voor grotere metingen.

§ 69. Aan de hand van het bovenstaande zal de opmeting van een willekeurige veelhoek weinig moeilijkheden meer opleveren. Men kan nl. elke veelhoek, door het trekken van alle diagonalen uit één hoekpunt, in n—2 driehoeken verdelen, welke driehoeken op de zo-even beschreven wijze kunnen worden opgemeten. Gesteld men wenst de vijfhoek, voorgesteld in fig. 45, op te meten.

De vijfhoek A B C D E verdeelt men eerst in de driehoeken EAD, DAB en D B C, die alle afzonderlijk worden gemeten. Neemt men aan, dat van elke driehoek de drie zijden worden gemeten, dan kan men dus zowel de vijfhoek construeren als zijn grootte berekenen. Om de meting te controleren, worden vervolgens nog de diagonalen A C en E C gemeten, waardoor de vijfhoek door drie geheel andere driehoeken wordt samengesteld. De beide constructies, zowel als de berekeningen, moeten dus dezelfde vijfhoek opleveren.

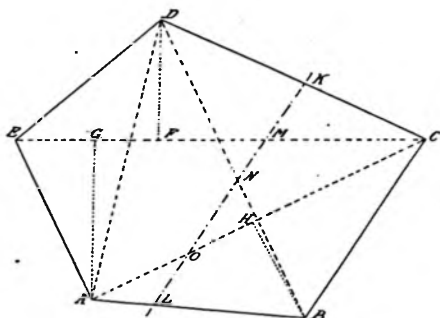


Fig. 45.

Een andere wijze om de meting te controleren, bestaat in het meten der loodlijnen D F, A G en H B, waarbij dan natuurlijk ook de voetpunten dier loodlijnen opgenomen moeten worden.

§ 70. Is het doel alleen een kaart van het terrein te maken, dan zou nog op een andere manier zekerheid kunnen verkregen worden omtrent de goede uitvoering der meting, door het uitbakenen en meten van een contrôlelijn K L, die het terrein volgens een willekeurige lijn doorsnijdt. Door tijdens de meting der zijden en der diagonalen van de vijfhoek de punten K, M, N, O en L te noteeren, kan men, nadat ook de lijn K L is gemeten, bij de constructie nagaan, of al deze punten overeenkomen met de gemeten waarden.

§ 71. In het vorenstaande werden de grenzen van het op te meten terrein steeds gevormd door rechte lijnen, waardoor het terrein de vorm van een veelhoek vertoonde. Zeer vaak echter geeft de werkelijkheid minder eenvoudige begrenzingen. In fig. 46 is een terrein voorgesteld, hetgeen begrensd wordt door 2 rechte lijnen, een gebroken en een gebogen lijn. De opmeting hiervan geschiedt op de volgende wijze.

De punten A, B, C en D worden tot een vierhoek vereenigd, die door het uitbakenen der diagonalen telkens wordt verdeeld in twee driehoeken, die gezamenlijk de vierhoek opleveren.

Deze vierhoek duidt men aan met de naam van **„net van meetlijnen"**. Om de gebroken lijn A E F G H D in kaart te brengen, laat men uit de punten E, F, G en H de loodlijnen neer op de lijn A D en meet vervolgens de afstanden A e, A f, A g, A h en A D, benevens de loodlijnen E e, F f, G g en H h. De voetpunten der loodlijnen worden tijdelijk met jalons of piketten aangegeven. Door op de tekening deze gemeten afstanden in de goede volgorde over te brengen, verkrijgt men de constructie der punten E, F, G en H, waarna de gebroken lijn tussen de punten A en D kan getrokken worden. Ten einde op de eenvoudigste wijze contrôle uit te oefenen op deze meting, is het gewenst om de richtingen F E, F G en H G op de meetlijn A D te noteren. Tijdens de meting van de lijn A D zullen dus achtereenvolgens genoteerd worden de punten K, e, f, L, g, h, M en D.

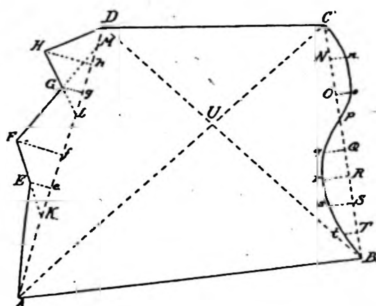


Fig. 46.

Op een soortgelijke wijze wordt nu de kromme lijn tussen C en B opgemeten met behulp van de meetlijn C B. Aangezien hierbij evenwel geen sterk sprekende punten op de voorgrond treden, is de aangewezen weg, om op regelmatige afstanden de lengten der loodlijnen te bepalen. Van uit C beginnende te meten, worden achtereenvolgens genoteerd de afstanden C N, C O, C P, C Q, C R, C S, C T en C B, alsmede de lengten der loodlijnen N n, O o, Q q, R r, S s en T t. Het punt P, waar de perceelgrens de meetlijn snijdt, wordt eveneens genoteerd.

De afstanden, op welke men de loodlijnen meet, worden bepaald door de meerdere of mindere kromming van de gebogen lijn. De afstanden langs de meetlijn behoren dus zodanig gekozen te worden, dat men het gedeelte der gebogen lijn, hetwelk met een bepaalde afstand op de meetlijn correspondeert, als een rechte lijn kan beschouwen, zonder een noemenswaardige fout te begaan.

§ 72. Zoals men uit het hier vermelde geval kan nagaan, zorgt men bij de opmeting van een of ander terrein in de eerste plaats, dat men als 't ware **steeds van het grote in het kleine meet**, d.w.z. men legt het terrein vast aan een figuur, die zo na mogelijk in hoofdtrekken het terrein weergeeft en welke figuur reeds werd bestempeld met de naam van „net van meetlijnen". Dit net van meetlijnen dient dus, om met zo weinig mogelijk lijnen het terrein in hoofdzaak op te meten.

Zijn nl. de hoofdpunten van dit net nauwkeurig bepaald, dan wordt die nauwkeurigheid voor een belangrijk deel op de détails overgebracht. In elk geval zal een eventuele kleine fout in de hoofdzaken op de détails van geringe invloed zijn. Gaat men daarentegen uit van de bijzaken en bouwt men met de meting voort, totdat de hoofdzaken van het terrein zijn opgenomen, dan zal een fout, in den beginne begaan, van groter invloed worden, naarmate de opmeting voortgang vindt.

Van deze regel, om steeds van het grote in het kleine te meten, mag dus nooit worden afgeweken.

Overigens bedenke men, dat elke meting steeds aan de volgende eisen behoort te voldoen:

1. De gemeten lengten moeten juist (te vertrouwen) zijn. In de meting zelve moet daartoe de nodige contrôle zijn.
2. De meting moet op de juiste wijze te construeren zijn (in tekening gebracht), hetzij als zelfstandig geheel dan wel als een onderdeel, hetwelk aansluit aan reeds op een bestaande kaart voorkomende lijnen.
3. De grootten van het opgemeten terrein en van de onderdelen hiervan (percelen) moeten rechtstreeks uit de meetcijfers of uit de zelfstandige kaartering kunnen worden bepaald.

§ 73. Het noteren van de uitkomsten der meting is een der gewichtigste onderdelen van de meting. Men moet hierbij steeds zorg dragen, dat aan de verkregen meetgetallen slechts één betekenis kan worden gegeven. Gedurende de opmeting wordt van het te meten terrein gaandeweg een schets gemaakt, die naarmate de opmeting vordert, grotere afmetingen verkrijgt. Het is dus zaak om bij de aanvang reeds terstond hiermede rekening te houden, opdat aan het eind der meting het papier niet te klein blijkt te zijn.

De stand, die de verschillende meetlijnen ten opzichte van elkaar innemen, wordt op het oog op het papier geschetst; het spreekt vanzelf, dat de vaardigheid in het maken van een dergelijke schets pas wordt verkregen na gedurige oefening. Wenselijk is het, om bij de aanvang slechts de hoog nodige meetlijnen aan te geven op de schets, om bij de verdere opmeting deze van lieverlede te voltooien. In de schets worden de verschillende gemeten afstanden op de desbetreffende punten bijgeschreven; de schets, voorzien van deze „meetgetallen" of „meetcijfers", noemt men het **veldwerk.**

§ 74. Is het „net van meetlijnen" het fundament van de opmeting, het veldwerk is het materiaal, waarmede de kaart wordt opgebouwd, of waarmede de grootte van het terrein wordt berekend. Onnodig dus te zeggen, dat dit veldwerk zo accuraat mogelijk behoort te worden bewerkt. Moet het veldwerk bewaard worden, dan verdient het aanbeveling de potloodaantekeningen met inkt over te halen; men neme dan echter een inktsoort, die niet van tint verandert. Aantekeningen met anilinepotloden zijn uit den boze; zij worden bij vochtig weer onleesbaar.

Van veel gemak is het dikwijls wanneer kan worden beschikt over een copie van het veldwerk. Deze kan worden vervaardigd door tijdens de meting carbonpapier te gebruiken.

Steeds behoort op het veldwerk te worden vermeld.

a. de plaatselijke benaming van het opgemeten terrein of een beknopte aanduiding hiervan, alsmede de naam der gemeente, waarin het terrein is gelegen.

b. in het veldwerk een duidelijke aanduiding van hetgeen op het terrein is gemeten, zodat bij de kaartering nauwkeurig blijkt, wat iedere figuur voorstelt.

c. de naam van de opnemer en de datum waarop de meting is verricht.

§ 75. Op welke wijze het noteren der meetcijfers het gemakkelijkst en tevens het duidelijkst kan plaats hebben, moge blijken uit het voorbeeld, voorgesteld door fig. 47. Het terrein stelt een vijfhoekig stuk

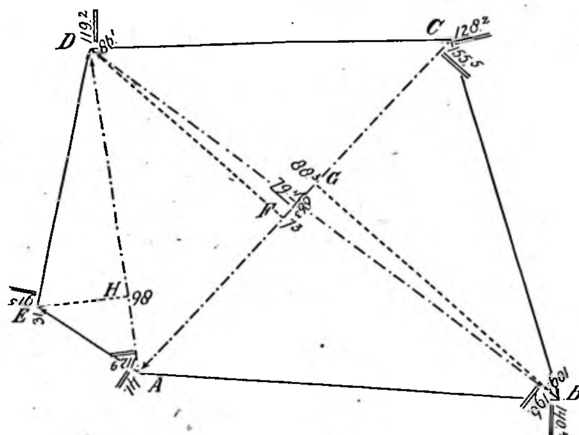


Fig. 47.

land voor, hetgeen door twee diagonalen in drie driehoeken wordt verdeeld. Uitgaande van het punt A, begint men de lijn A B te meten en men vindt voor de lengte hiervan 140.4 m; om nu aan te tonen, dat men bij het punt A is begonnen te meten, wordt hier een tekentje gemaakt in de vorm van de punt van een pijl. De punt van de pijl wijst dan naar het punt A. Het getal *140.4* wordt geplaatst in een richting, loodrecht op de gemeten lijn, en als een bewijs, dat hier het eindpunt van de lijn is bereikt, wordt het getal dubbel onderstreept. Nadat deze lijn gemeten is, komt B C aan de beurt. Ook hier wordt dus eerst bij B het pijltje geplaatst en vervolgens bij C de lengte *128.2* loodrecht op de meetlijn ingeschreven. Hetzelfde vindt achtereenvolgens plaats met de lijnen C D, D E en E A. De omtrek van het terrein is thans opgemeten en wordt nu de diagonaal A C gemeten. Om echter contrôle uit te

oefenen op de meting, worden bovendien de loodlijnen D F en B G gemeten, waardoor de driehoeken A B C en A C D op twee manieren kunnen worden geconstrueerd en berekend.

Nadat, met behulp van een hoekspiegel of prisma, de plaatsen der voetpunten van de loodlijnen D F en B G in de lijn A C zijn bepaald en deze met een jalon of piket zijn aangegeven, wordt vervolgens vanuit A de diagonaal A C gemeten. Bij A wordt dus eerst het pijltje geplaatst en als eerste meetcijfer wordt bij het punt F gevonden 73 meter. Dit getal wordt weer loodrecht op de meetlijn ingeschreven, doch niet onderstreept. Was ook de diagonaal B D uitgebakend, wat echter niet noodig is, dan vindt men voor het snijpunt der diagonalen het getal 79.4 meter en om te laten zien, dat men hier een meetlijn is genaderd, wordt dit getal éénmaal onderstreept. Het voetpunt G wordt weer evenals F genoteerd, waarbij wordt opgemerkt, dat het getal steeds aan de andere kant van de meetlijn wordt geplaatst, als waar de loodlijn is gemeten. Het eindcijfer der lijn A C wordt weer tweemaal onderstreept. De lengte der loodlijnen D F en B G wordt ingeschreven in een richting, loodrecht op de loodlijn. Om nu te doen uitkomen, dat het getal betrekking heeft op een gemeten loodlijn en niet op een meetlijn, wordt het in dit geval **niet** onderstreept. (Zie getallen *86.1* en *109.1*). Er rest thans nog de opmeting der meetlijn D A en der loodlijn H E, welke op dezelfde wijze, als hiervoren reeds is vermeld, wordt verricht en genoteerd.

§ 76. Gelijk men ziet, is de opmeting thans voldoende uitgevoerd, aangezien de driehoeken A D E, A D C en A B C telkens op 2 manieren kunnen worden berekend en geconstrueerd. Wenst men de vierhoek A B C D op te meten door enkel de zijden en de diagonalen te meten, dan noteert men het kruispunt dier diagonalen beide keren, als men de diagonalen meet. Ook hier heeft men dus bij de constructie nog een middel om de meting te controleren.

§ 77. De tweede manier van opmeten, dus door de vier zijden en de twee diagonalen te meten, is nauwkeuriger dan de eerste manier, waarbij twee loodlijnen van grote lengte werden gemeten. Met eenvoudige instrumenten, als hoekspiegel en prisma, is nl. geen voldoende nauwkeurigheid te verkrijgen bij het neerlaten van loodlijnen, die een vrij aanzienlijke lengte hebben. In 't algemeen mag men geen langere loodlijnen uitzetten met behulp van zulke instrumenten, dan van hoogstens 40 meter. Wordt dus een loodlijn uitgezet als in het onderhavige geval, dan is het voetpunt niet zuiver genoeg bepaald, om hiervan gebruik te mogen maken bij de constructie. Ter **berekening** van de inhoud echter is het verschil in lengte tussen de juiste loodlijn en de onnauwkeurige zo gering, dat dit in de meeste gevallen niet te constateren valt, waaruit volgt, dat de **berekening van de grootte** geen noemenswaardig verschil zal opleveren.

Wanneer punten aan een meetlijn moeten worden vastgelegd met behulp van prisma of hoekspiegel en de te meten loodlijn heeft een vrij grote lengte, dan verdient het aanbeveling nog een zogenaamde

„treklijn" te meten, ten einde met behulp hiervan het voetpunt van de loodlijn desgewenst nauwkeuriger te kunnen berekenen.

In fig. 48 zij dit nader toegelicht.

Fig. 48.

Op de lijn A B wordt met behulp van het prisma het voetpunt D van de loodlijn, neergelaten uit C, bepaald. Tijdens de meting van de lijn A B noteert men nog een punt E, van waaruit men de lijn E C meet. Uit de gemeten lengten van E C en de loodlijn D C berekent men de afstand D E en door deze afstand van uit E op de lijn E A uit te zetten kan men het voetpunt D nauwkeuriger aangeven.

De lijn E C wordt treklijn genoemd en zij dient steeds te worden toegepast, wanneer de nauwkeurige ligging van een punt C moet worden geconstrueerd.

Fig. 49.

Na het vorenstaande zal het noteren van de meetgetallen, voortkomende uit de opmeting van het terrein in fig. 49, geen moeilijkheden opleveren. Opgemerkt wordt nog, dat het meetcijfer 135,5 tussen de driehoeken *d* en *e* aangeeft, dat hier de meetlijn de grens van het terrein kruist. Deze grens wordt gevormd door een rechte lijn en om dit aan te geven, wordt als teken een halve cirkelboog gebezigd.

De opmeting van een terrein, volgens de boven beschreven methode, waarbij dus gebruik wordt gemaakt van loodlijnen, zou men de coördinatenmethode kunnen noemen.

§ 78. Er bestaat echter nog een methode, die bijna even vaak wordt gebruikt en welke dikwijls gemakkelijker tot het doel voert. Deze

Fig. 50.

methode duidt men gewoonlijk aan met de naam van **opmeting volgens lijnenverband.** Fig. 50 geeft van een zodanige opmeting een voorbeeld.

Tot toelichting van een en ander nog het volgende: Het net van meetlijnen wordt hier gevormd door de vierhoek A B C D, welke met behulp van de diagonalen kan geconstrueerd worden. Tegelijkertijd worden de twee meetlijnen E F en G H uitgebakend, welke nodig geacht worden om de verschillende détails daaraan te kunnen vastleggen. Zoals men ziet, valt de meetlijn E F langs de zijde van de weg, die het terrein in twee delen scheidt, waardoor deze lijn als vanzelf reeds als meetlijn is aangewezen. De lijn G H valt gedeeltelijk samen met de terreinscheiding tussen het bouwland en de boomgaard bij huis, waardoor ook deze lijn zeer geschikt als meetlijn kan worden gebruikt. De verdere opmeting blijkt overigens gemakkelijk uit de figuur; er wordt echter bij opgemerkt, dat zoveel mogelijk elk gewichtig punt op twee manieren kan worden bepaald, ten einde de nodige contrôle te kunnen oefenen. Zo is het punt K, hetwelk gelegen is in de hoek van het weiland nabij B, bepaald door de afstand *10.1* in de lijn B C en door de lengte der loodlijn *2.4*. De richting van de grens tussen het weiland en het hakhout wordt in dezelfde meetlijn aangegeven door het getal *9.5*, waardoor dus het bewuste punt gevonden kan worden. Dit is nl. het snijpunt van de eerstgenoemde loodlijn met de laatstgenoemde grenslijn, en blijkt nu uit de constructie, dat dit punt ook *2.4* meter uit de lijn B C ligt, dan wijst dit op een juiste bepaling van het punt. (Om de juiste richting van die grenslijn aan te geven, is die lijn met behulp van een andere meetlijn eveneens bepaald).

Van het huis, voorkomende in de figuur, zijn een drietal punten aan de diagonaal A C vastgelegd, terwijl de richting der zijmuren is aangetekend op de meetlijn E F. Men zou op dergelijke wijze alle hoekpunten van het gebouw kunnen opnemen, doch liever gaat men op de, in de figuur aangegeven wijze, te werk. Nadat men minstens twee punten van het gebouw nauwkeurig heeft aangemeten, wordt daarna de buitenomtrek van het gebouw opgenomen, waardoor men een nauwkeurige bepaling van het huis verkrijgt. De afmetingen van gebouwen of andere kunstwerken, dus cijfers, die geen betrekking op coördinaten hebben, worden geschreven evenwijdig aan de gemeten lijnen en veelal tussen haakjes of streepjes geplaatst.

§ 79. Tenslotte zij nog opgemerkt, dat tijdens de opmeting van het terrein, het perceel hakhout juist gekapt was, zodat het uitbakenen der diagonaal A C zonder bezwaar kon plaats vinden. Een verder voordeel was het goede uitzicht met betrekking tot de grenzen van het hakhout, waardoor deze steeds goed konden worden opgenomen. Het spreekt van zelf, dat in 't andere geval, wanneer het hakhout nog niet gekapt was, de meting vermoedelijk minder gemakkelijk zou zijn uit te voeren geweest.

§ 80. **De kaartering.**

Thans zal worden overgegaan tot het tweede gedeelte der werkzaamheden, welke nodig zijn tot het in tekening brengen van een terrein. Het veldwerk is afgelopen, zodat thans het terrein in kaart

moet worden gebracht. Als voorbeeld is gekozen het veldwerk, voorkomende in fig. 50. Met behulp van een passer, teken-driehoek, biseau en potlood wordt in de eerste plaats het net van meetlijnen geconstrueerd. Aangezien het natuurlijk niet doenlijk is, om de projectie van het terrein op ware grootte voor te stellen, wordt het terrein op kleine schaal in kaart gebracht, d.w.z. de projectie van het terrein wordt sterk verkleind. De verhouding tussen de werkelijke afstand en dezelfde afstand op de tekening noemt men de schaal van de kaart. Is een lijn b.v. 1000 meter lang, terwijl de lengte op de kaart slechts 1 meter bedraagt, dan zegt men, dat de tekening is vervaardigd op een schaal van 1 à 1000, of volgens een andere schrijfwijze, op een schaal van $\frac{1}{1000}$.

Zo is dus, op de schaal 1 à 2500, een lijn van 100 m lengte op de kaart 4 cm lang.

De schaal, volgens welke de kaart vervaardigd wordt, hangt ten nauwste samen met de meerdere of mindere uitgebreidheid, volgens welke de verschillende détails zijn opgenomen. Voor het veldwerk in fig. 50 zou men in dit geval kiezen de schaal 1 à 1000. Een meter op het terrein wordt derhalve op de kaart 1 millimeter. Nadat de vierhoek A B C D is uitgezet op het papier, door eerst driehoek A B C en vervolgens hier tegenaan driehoek A C D te construeren, wordt nagegaan of de gemeten lengte van de diagonaal B D overeenkomt met de geconstrueerde lengte. Aangezien men ook het snijpunt der diagonaal heeft genoteerd, bezit men hierin nog een middel om de graad van nauwkeurigheid van het net van meetlijnen te beoordelen. De constructie der driehoeken kan op twee manieren geschieden; men kan de constructie verrichten door met behulp van de passer de zijden om te cirkelen, doch beter is het eerst de lengte en het voetpunt van een der loodlijnen te berekenen uit de drie zijden en met deze gegevens de driehoeken te construeren. De lengten der opstaande zijden van een driehoek moeten dan op de tekening overeenstemmen met de gemeten lengten. Blijkt het, dat de constructie goed is uitgevoerd, dan worden de meetlijnen E F en G H aangebracht, door vanuit D uit te zetten de afstanden 97.6 en 159.7 op de lijn D A, en vanuit B de afstanden 69 en 125 op de lijn B C. Verbindt men nu de corresponderende punten met elkaar, dan moet, bij meting op de tekening, de lijn G H de afstand 106.2 en de lijn E F de afstand 123.3 — 13 = 110.3 opleveren.

Blijken deze afstanden goed te zijn op de tekening, dan worden verder de détails in tekening gebracht, door achtereenvolgens de verschillende gemeten afstanden langs een meetlijn uit te zetten en de aldus verkregen punten in hun juist verband met elkaar te verbinden.

In het algemeen zou men dus kunnen zeggen, dat het kaarteren het omgekeerde is van de opmeting.

§ 81. **Berekening der grootte.**

Bij de berekening der grootte van enig opgemeten terrein kunnen zich twee gevallen voordoen, welke voortspruiten uit de wijze der opmeting.

De meting kan nl. zodanig ingericht zijn, dat met behulp der meetcijfers terstond de grootte berekend kan worden; of wel de meting is zodanig uitgevoerd, dat eerst een kaart van het opgemeten terrein moet worden vervaardigd, met behulp waarvan de grootte kan worden bepaald.

Het terrein, voorgesteld in fig. 49, kan worden berekend rechtstreeks uit de gevonden meetcijfers. Het bestaat nl. uit de vierhoek A B C D, waarbij de grootten der stukken a, b, c, d, f, g, h, i, j, k en l moeten worden opgeteld, terwijl de grootte van e hiervan moet worden afgetrokken.

De berekeningen uitvoerende, verkrijgt men de volgende oppervlakte:

△ A B C

204
78.5
219.1

2s=501.6
s=250.8

$I=\sqrt{250.8\times 46.8\times 172.3\times 31.7}$

log. 250.8=2.39933
„ 46.8=1.67025
„ 172.3=2,23629
„ 31.7=1.50106

7.80693
log. I=3.903465
I=0.8007 ha.

△ A C D

219.1
150.2
215.—

2s=584.3
s=292.15

$I=\sqrt{292.15\times 73.05\times 141.95\times 77.15}$

log. 292.15=2.46561
„ 73.05=1.86362
„ 141.95=2.15214
„ 77.15=1.88734

8.36871
log. I=4.1824355
I=1.5288 ha.

Inhoud vierhoek ABCD=0,8007 ha+1.5288 ha=2.3295 ha.

Contrôleberekening van vierhoek A B C D.

△ A B D

204
251.9
150.2

2s=606.1
s=303.05

$I=\sqrt{303.05\times 99.05\times 51.15\times 152.85}$

log. 303.05=2.48152
„ 99.05=1.99585
„ 51.15=1.70885
„ 152.85=2.18427

8.37049
log. I=4.185245
I=1.5319 ha.

△ D B C

251.9
215.—
78.5

2s=545.4
s=272.7

$I=\sqrt{272.7\times 20.8\times 57.7\times 194.2}$

log. 272.7=2.43569
„ 20.8=1.31806
„ 57.7=1.76118
„ 194.2=2.28825

7.80318
log. I=3.90159
I=0.7972 ha.

Inhoud vierhoek ABCD=1.5319 ha+0.7972 ha=2.3291 ha.

Gemiddelde inhoud van vierhoek A B C D = 2.3293 ha.

Inhoud $\triangle$ a = $\frac{150.2 \times 14}{2}$ . . . . . = 0.1051 „

„ $\triangle$ b = $\frac{48 \times 10.6}{2}$ . . . . . = 0.0254 „

„ trap. c = $\frac{10.6 + 8}{2} \times 19.5$ . . = 0.0181 „

„ $\triangle$ d = $\frac{12 \times 8}{2}$ . . . . . = 0.0048 „

„ $\triangle$ f = $\frac{78.5 \times 5.8}{2}$ . . . . . = 0.0228 „

„ $\triangle$ g = $\frac{28 \times 8}{2}$ . . . . . = 0.0112 „

„ trap. h = $\frac{8 + 10.2}{2} \times 26$ . . . = 0.0237 „

„ trap. i = $\frac{10 + 10.2}{2} \times 20$ . . . = 0.0202 „

„ trap. j = $\frac{8.6 + 10}{2} \times 29$ . . . = 0.0270 „

„ trap. k = $\frac{4.5 + 8.6}{2} \times 36.4$ . . = 0.0238 „

„ $\triangle$ l = $\frac{64.6 \times 4.5}{2}$ . . . . . = 0.0145 „

2.6259 „

Inhoud $\triangle$ e = $\frac{135.5 \times 4.5}{2}$ . . . . . = 0.0305 aftrekken.

Blijft 2.5954 ha.

§ 82. Is de opmeting van een bepaald terrein zodanig ingericht, dat met behulp der meetcijfers men niet rechtstreeks de grootte kan berekenen, dan moet eerst een kaart van het terrein worden vervaardigd, waarna, door meting op de kaart, de grootte kan berekend worden. Een voorbeeld van een dergelijke opmeting vindt men in fig. 51a en 51b.

Fig. 51a geeft het veldwerk weer en men kan met behulp der meetcijfers bijna geheel rechtstreeks de grootte van het terrein berekenen. Slechts een klein driehoekje, nabij het punt A, moet berekend worden aan de hand van de kaart. Dit driehoekje maakt deel uit van de vierhoek A b c d, welke vierhoek men door de diagonaal A-c verdeelt in twee driehoeken. Nu is $\triangle$ A b c te berekenen, uit de cijfers 20 en 10.8, doch $\triangle$ A d c moet op de kaart gemeten worden. Overigens ziet men, dat de totaal-inhoud met de meetcijfers kan worden bepaald.

§ 83. In de regel is het nodig, dat men ook de oppervlakte van elk onderdeel van het terrein kent en het zal begrijpelijk zijn, dat de som van al deze onderdelen gelijk moet zijn aan de definitief vastgestelde grootte van het geheel.

Meetcijfers voor elk dier onderdelen zijn echter niet volledig voorhanden en daarom moeten de nog ontbrekende op de kaart worden gemeten. Men verdeelt daartoe elk te berekenen onderdeel door hulplijnen in eenvoudige meetkundige figuren (hoofdzakelijk driehoeken en trapezia), daarbij zorg dragende, dat bij de keuze dier hulplijnen zodanige figuren ontstaan dat daarbij zoveel mogelijk de op het terrein gemeten afstanden kunnen worden benut bij de berekening.

Ter verkrijging van een systematisch overzicht van alle berekeningen,

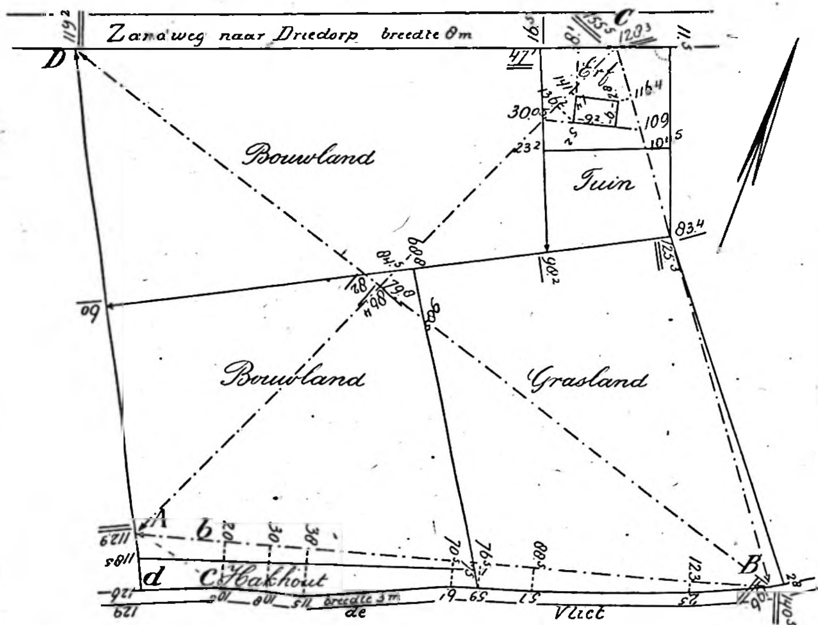


Fig. 51a.

(die bij eventuele reclames tegen de meting opgevraagd zouden kunnen worden), is het gewenst die berekeningen in een „berekeningsstaat" vast te leggen.

In de hieronder volgende berekeningsstaat, welke behoort bij de constructie van fig. 51, zijn de verschillende factoren en uitkomsten opgenomen. Bij een vergelijking van de gebezigde factoren met de verkregen meetcijfers op het terrein blijkt terstond welke factoren gevonden zijn door meting op de kaart.

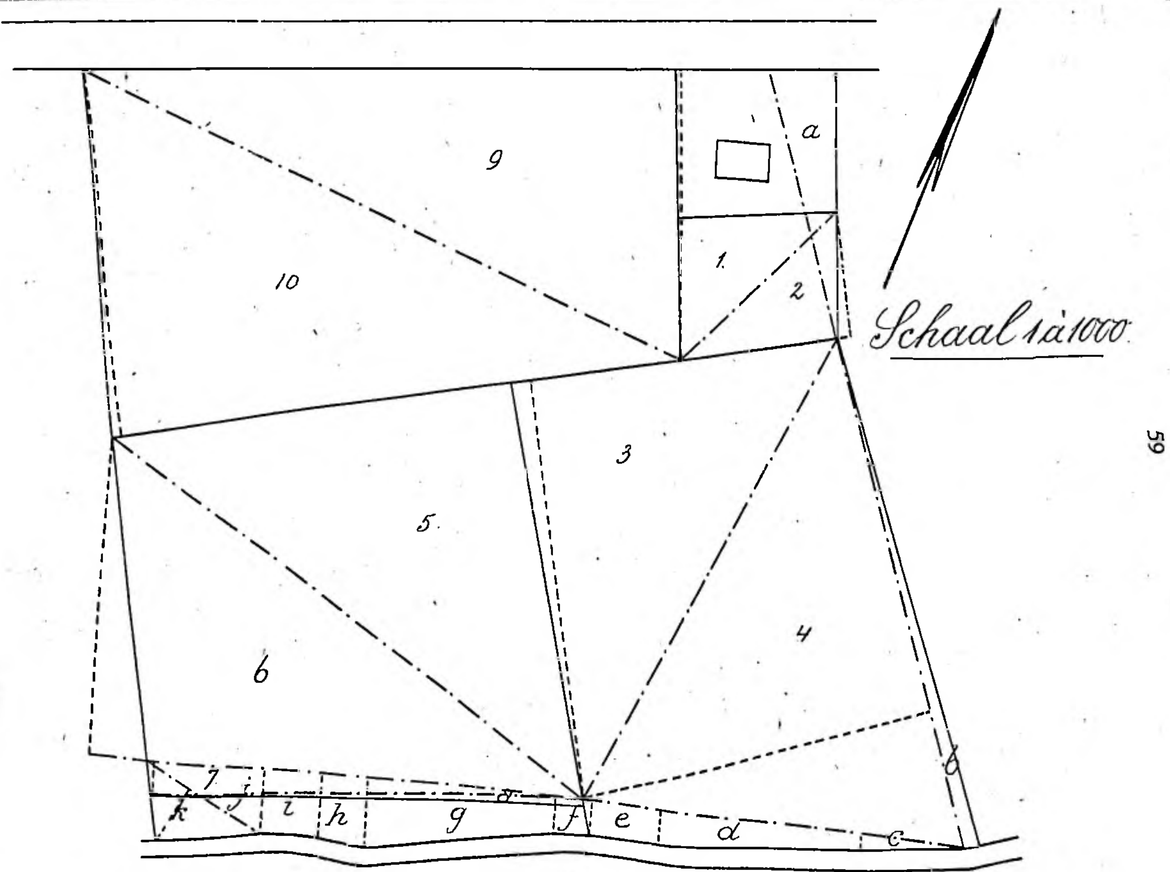


Fig. 51b.

STAAT TER BEREKENING VAN OPPERVLAKTEN.

Perceel	Perceelsgedeelte	FACTOREN DER BEREKENING	Oppervlakte van het perceelsgedeelte ha	Oppervlakte van het perceel ha	Correctie m^2	Definitieve oppervlakte ha
		Vierhoek A B C D				1.5190
	a	$\frac{\sqrt{(44.9^2 - 11.5^2)}}{2} \times 11.5$				250
	b	$\frac{83.4 \times 2.8}{2}$				117
	c	$\frac{17.5 \times 2.5}{2}$				22
	d	$34.5 \times \frac{2.5 + 5.7}{2}$				141
	e	$12 \times \frac{5.7 + 5.9}{2}$				70
	f	$6 \times \frac{5.9 + 6.1}{2}$				36
	g	$32.5 \times \frac{6.1 + 11.5}{2}$				286
	h	$8 \times \frac{11.5 + 10.8}{2}$				89
	i	$10 \times \frac{10.8 + 10.8}{2}$				108
	j	$20 \times \frac{10.8}{2}$				108
	k	$22.7 \times \frac{10}{2}$				114
				Totaal		1.6531
		Perceelsberekening.				
Huis en erf		$\frac{23.2 + 23.9}{2} \times 28$		0.0659		0.0659
Tuin	1	$\frac{23.2 \times 27.6}{2}$	0.0320			
	2	$\frac{27.1 \times 20.3}{2}$	0.0275	0.0595		0.0595
Grasland	3	$\frac{56.5 \times 68.7}{2}$	0.1941			
	4	$\frac{83.4 \times 61.8}{2}$	0.2577			
		b t/m. l en f (ged.) $\frac{1.5 \times 5.9}{2}$	0.0354	0.4872	−1	0.4871
Bouwland	5	$\frac{68.8 \times 68.7}{2}$	0.2363			
	6	$\frac{75 \times 51.8}{2}$	0.1943			
	7	$\frac{75 \times 5.6}{2}$	0.0210			
	8	$\frac{74 \times 1}{2}$	0.0037	0.4553	−1	0.4552
Hakhout		g t/m. k en f (ged.) — (7 + 8)		0.0490		0.0490
Bouwland	9	$\frac{102.7 \times 47.1}{2}$	0.2419			
	10	$\frac{98.2 \times 60}{2}$	0.2946	0.5365	−1	0.5364
				1.6534	−3	1.6531

Nadat dus eerst de definitieve oppervlakte van het geheel is berekend, wordt overgegaan tot de berekening der onderdelen. In het algemeen zal de som der berekende oppervlakten van de onderdelen niet overeenstemmen met de definitieve oppervlakte van het geheel, want een groot aantal meetcijfers zijn ontleend aan de kaart en hoe nauwkeurig die kaart ook moge zijn geconstrueerd, toch zijn de aldus gevonden afmetingen steeds minder nauwkeurig dan de op het terrein gemeten afstanden.

Naarmate de schaal, waarop de tekening is gemaakt, groter of kleiner is, zullen de gemeten afstanden op de kaart meer of minder overeenstemmen met diezelfde afstanden op het terrein.

Het verschil van de som der oppervlakten der onderdelen met de definitieve oppervlakte wordt dan naar evenredigheid verdeeld over de berekende oppervlakten der onderdelen, op de wijze zoals in de berekeningsstaat is aangegeven.

§ 84. Moet van een of ander terrein **op de kaart** de grootte worden berekend, dan is het natuurlijk nodig, dat men de schaal kent, waarop de kaart is vervaardigd.

Men vergete daarom nimmer bij het in tekening brengen ener opmeting, de schaal, waarop de tekening is gemaakt, te vermelden.

HOOFDSTUK VI.

Hoekmeetinstrumenten.

a. Pantometer.

§ 85. **Beschrijving.**

De pantometer is een hoekmeetinstrument, hetwelk geschikt is voor het meten van horizontale hoeken. Onder een horizontale hoek wordt verstaan de hoek, die gevormd wordt door de horizontale projectie van de benen van de hoek. In zijn eenvoudigste vorm bestaat dit instrument uit twee koperen cylinders A en B van gelijke middellijn, die beide om een zelfde as, samenvallende met de as van de cylinder, kunnen draaien (zie fig. 52). De onderste cylinder is voorzien van een volle randverdeling, terwijl de bovenste één of twee noniën bevat, welke zich langs de rand van de onderste cylinder bewegen. Het instrument is van onderen voorzien van een kegelvormig uitgeboorde bus, waarmede het op een statief of stok wordt geplaatst. Zowel de onderste, als de bovenste cylinder, is voorzien van een vizierinrichting, welke bestaat uit een oculairspleet en een objectiefopening met draad.

Brengt men een vlak aan, gaande door de oculairspleet van cylinder A en door de as, dan begint de randverdeling ter plaatse waar dit vlak de rand snijdt. De objectiefspleet bevindt zich dan

juist onder het getal 180°. De bovenste cylinder is voorzien van een nonius, waarvan de indexstreep juist is gelegen in het viziervlak van de cylinder B. Zijn twee noniën aanwezig, dan bevinden deze zich

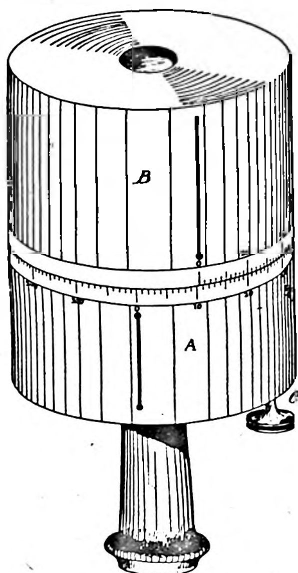


Fig. 52.

diametraal tegenover elkaar. De onderste cylinder is, zoals reeds vermeld is, draaibaar om zijn as, nadat het instrument op een statief of stok is geplaatst; terwijl met behulp van de schroef C, die correspondeert met een inwendige tandradconstructie in de beide cylinders, ook aan de bovenste cylinder een draaiende beweging kan worden gegeven.

§ 86. **Gebruik.**

Het instrument wordt, tot het meten van een hoek, die op het terrein met jalons is aangegeven, zodanig opgesteld, dat de draaiings-as zich loodrecht bevindt boven het hoekpunt van de te meten hoek.

Is nu de randverdeling aangebracht in de richting, zoals in fig. 52 is aangegeven, dan wordt de onderste cylinder zodanig gedraaid, dat het viziervlak gericht is op de rechter jalon. Daarna wordt de bovenste cylinder met behulp van de schroef C gedraaid, totdat het viziervlak van cylinder B gericht is op de linker jalon. De op deze wijze gemeten

hoek wordt afgelezen met behulp van de nonius en zo twee noniën aanwezig zijn, met behulp van beide.

Ter contrôle wordt dezelfde meting nogmaals verricht, doch thans wordt met de onderste cylinder gericht op de linker jalon en met de bovenste cylinder op de rechter jalon. In dit geval meet men dus de buitenhoek van de gevraagde hoek en verkrijgt men aldus een contrôle op de meting. (Zie fig. 52a en 52b).

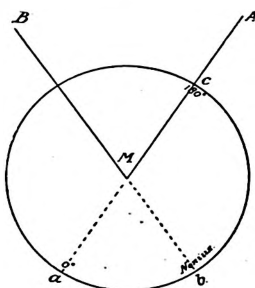


Fig. 52a.

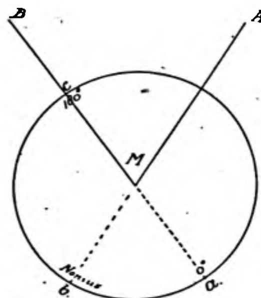


Fig. 52b.

Zij M het hoekpunt van de hoek A M B, welke men wenst te meten, dan wordt het instrument loodrecht opgesteld boven M en vervolgens met het onderste vizier gericht op A. Daarna richt men het bovenste vizier op B en leest daarna de boog a b af, die even groot is als hoek A M B. Bij de tweede meting leest men evenwel af de boog a c b (fig. 52b) en ziet men onmiddellijk, dat de som van eerste en tweede aflezing 360 graden moet opleveren.

Voor het verrichten van metingen, waarbij het op geen grote nauwkeurigheid aankomt, kan de pantometer goede diensten bewijzen, al is het dikwijls moeilijk om zuiver op de jalons te richten, die de benen van de te meten hoek aangeven. Door deze jalons dan te voorzien van goed zichtbare vlaggetjes, kan men hieraan evenwel veel tegemoet komen.

Ter verkrijging van behoorlijke resultaten zorge men voorts, steeds het instrument zuiver op te stellen waarom dan ook bij voorkeur van een statief en niet, dan bij uitzondering, van een stok moet worden gebruik gemaakt. Maakt men van een statief gebruik, dan moet met behulp van een schietlood de as van het instrument loodrecht boven het hoekpunt van de te meten hoek worden gesteld.

De hier beschreven pantometer wordt ook wel **rond-équerre** genoemd.

§ 87. Wijze, waarop het noteren der hoekmetingen kan geschieden.

In fig. 52c is de vierhoek A B C D opgemeten met een pantometer, voorzien van twee noniën; de bijbehorende tabel voor de hoekmeting is weergegeven in formulier a.

In elk hoekpunt is zowel de binnen- als de buitenhoek gemeten en de aflezingen worden genoteerd in kolommen 3 en 4. Tijdens het aflezen gaat men steeds na, of de som van binnen- en buitenhoek ± 360° bedraagt; is het verschil groter dan 6 minuten, dan zijn in de regel de viziervlakken van het instrument niet naar behoren gericht en het is dan nodig de meting te herhalen.

In kolom 5 wordt het gemiddelde der aflezingen genoteerd en in kolom 6 worden die waarden, waar nodig, gecorrigeerd; in die zin, dat steeds met volle minuten wordt rekening gehouden. Zo zijn b.v. in kolom 5 de binnen- en buitenhoek in B. tezamen 359° 55′, dus 5′ te klein. Zou men nu de hoeken een even grote correctie geven, dan zou voor ieder dus 2′ 30″ moeten worden bijgeteld. Om dit in practische zin te voorkomen, wordt de ene hoek met 2′ en de andere met 3′ gecorrigeerd.

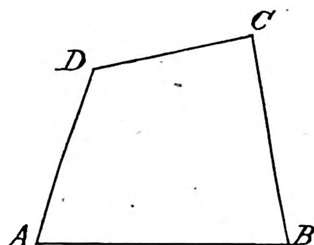


Fig. 52c.

Is kolom 6 aldus geheel ingevuld, dan moet de som der binnenhoeken opleveren (n—2) 180° en de som der buitenhoeken (n+2) 180°. Aangezien dit niet het geval is, moet wederom een correctie voor elke hoek worden toegepast. Men moet een totale correctie van 6′ aanbrengen op de som der hoeken; voor de binnenhoeken in negatieve en voor de buitenhoeken in positieve zin. Wederom brengt men die correctie om de bekende redenen zodanig aan, dat alleen met volle minuten wordt rekening gehouden. Men berekent in kolom 8 dan de definitieve waarden der hoeken.

Formulier a.

1	2	3	4	5	6	7	8
Lengte der zijden	Hoekpunt	Aflezingen binnenhoeken buitenhoeken		Gemiddelde der Noniën	Gecorrigeerde hoeken	Corr.	Definitief verbeterde hoeken
		Non. I	Non. II				
		° ′	° ′	° ′	° ′	′	° ′
	A	70 36	250 38	70 37	70 37	— 2	70 35
159.1		289 22	109 24	289 23	289 23	+ 2	289 25
	B	80 58	260 58	80 58	81 —	— 2	80 58
135.4		278 58	98 56	278 57	279 —	+ 2	279 02
	C	87 28	267 28	87 28	87 29	— 1	87 28
99.7		272 30	92 30	272 30	272 31	+ 1	272 32
	D	120 58	300 56	120 57	121 —	— 1	120 59
120.6		238 58	58 56	238 57	239 —	+ 1	239 01
					360 06	— 6	360 —
					1079 54	+ 6	1080 —

Volledigheidshalve zijn in kolom 1 de lengten der zijden ingevuld en men kan thans met gradenboog, biseau en lineaal de vierhoek construeren.

b. Theodoliet.

§ 88. Beschrijving.

De theodoliet is een instrument, hetwelk dient tot het meten zowel van horizontale als van verticale hoeken.

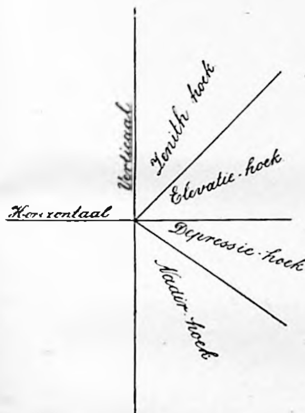


Fig. 53.

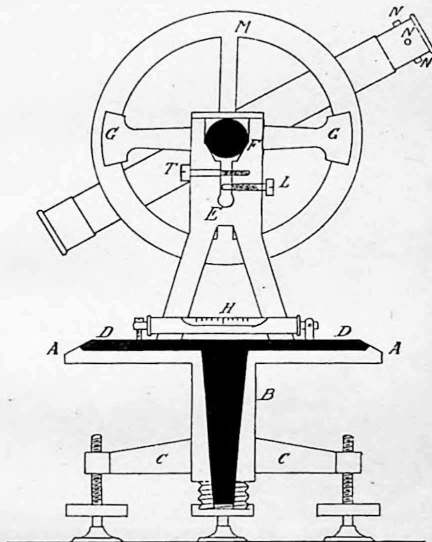


Fig. 54.

Onder een verticale hoek verstaat men de hoek, die een rechte lijn maakt met hare horizontale projectie of wel met de verticaal.

In het eerste geval noemt men de verticale hoek een **elevatie-** of een **depressie-hoek** al naar gelang de geprojecteerde lijn boven of onder het horizontale projectievlak ligt. In het tweede geval spreekt men van een **zenith-hoek**, indien de verticale hoek boven het horizontale projectie-vlak is gelegen, en men spreekt van een **nadir-hoek**, indien de verticale hoek onder het horizontale projectie-vlak wordt gemeten. (Zie fig. 53).

In plaats van elevatie- en depressie-hoek, zou men kunnen spreken van klimmings- en dalings-hoek; en in plaats van zenith- en nadir-hoek, van toppunts- en voetpunts-hoek.

Om nu deze hoeken te kunnen meten met één instrument, bestaat de theodoliet in hoofdzaak uit de volgende delen, waarvan fig. 54 een schematische voorstelling geeft.

De volle rand A is van onderen voorzien van een bus B, waarvan de as loodrecht staat op de rand, en welke door het middelpunt gaat. Aan de bus B zijn drie armen C bevestigd, waarin stelschroeven voorkomen teneinde de rand A horizontaal te stellen. In de bus B, welke inwendig kegelvormig is uitgeboord, is een kegelvormige as draaibaar, welke as een deel uitmaakt van de alhidade D. Deze alhidade bestaat uit een cirkel-

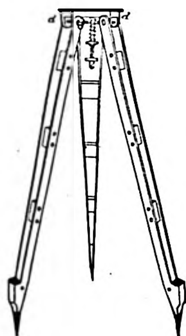


Fig. 55a.

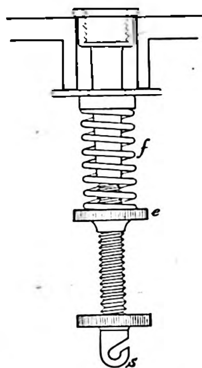


Fig. 55b.

vormige schijf, welke concentrisch draaibaar is in de rand A. De buitenrand van de alhidade schuift precies langs de binnenrand van de verdeelde rand. De alhidade is voorzien van twee, diametraal tegenover elkaar gelegen noniën. Op de alhidade-cirkel zijn twee even hoge stutten E bevestigd, welke stutten eindigen in pannen, waarin een tweede as F draaibaar is. Loodrecht op de tweede as is een kijker, voorzien van een vizierinrichting, aangebracht, terwijl ten slotte een tweede verdeelde cirkelrand M aanwezig is, welke eveneens loodrecht op de tweede as is bevestigd en die met behulp der twee vast staande noniën G is af te lezen. De hoogte van de tweede as boven de alhidadecirkel is zodanig, dat de kijker geheel om de tweede as kan draaien. Men noemt dit het **doorslaan** van de kijker.

Ten einde de eerste rand horizontaal te kunnen stellen, bevindt zich op de alhidade een buisniveau H, terwijl meestal ook nog een doosniveau aanwezig is.

Ter onderscheiding der twee assen van het instrument, noemt men de as, welke in de bus B draait, **de eerste as**, terwijl de as F, om welke de kijker draait, de naam draagt van **tweede as.**

Voor het gebruik op het terrein wordt het instrument bevestigd op een statief of drievoet. De manier waarop zulks plaats vindt, moge blijken uit de fig. 55a en 55b. Aan de drie armen d zijn de poten, welke uit twee delen zijn vervaardigd, door middel van een klemschroef draaibaar. In het midden van de kop is een opening gelaten voor een verbindingsstuk, voorzien van een spiraalveer en schroef, waarmede het instrument verend op het statief kan worden bevestigd. In de laatste tijd wordt de kop van het statief dikwijls van metaal (alluminium of messing) vervaardigd.

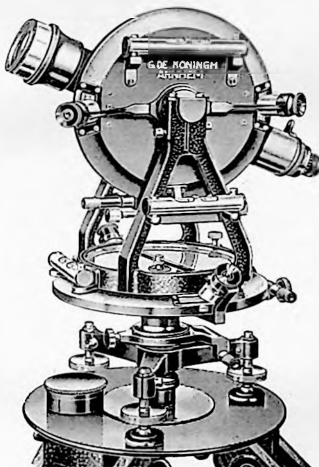


Fig. 56.

Bij het opstellen van het instrument wordt, door de moer e naar beneden te draaien, eerst de spiraalveer f ontspannen (fig. 55b). Daarna wordt de stang aan de voet van het instrument geschroefd en vervolgens wordt de moer e weer aangedraaid, totdat de spiraalveer f gespannen is en het instrument stevig op de kop van het statief blijkt bevestigd te zijn. De pootjes van de stelschroeven van de theodoliet staan dan op de kop van de drievoet. Deze pootjes zijn met een kogelgewricht draaibaar om het ondereind van de stelschroeven.

Daar het voor het juist opstellen van de theodoliet gemakkelijk is, dat deze op de kop van het statief over een geringe afstand kan verplaatst worden, is de opening voor de stang in de kop zodanig gekozen, dat deze stang en dus ook de theodoliet desnoods een weinig kan verplaatst worden op het statief. Onder aan de stang is een kleiner haakje s bevestigd, hetwelk dient om hieraan een schietloodje te hangen, teneinde

op deze wijze het midden van het instrument, dus de eerste as, op het terrein te projecteren.

In beginsel is een theodoliet samengesteld volgens de hiervoren beschreven wijze. In fig. 56 is een theodoliet afgebeeld, zoals deze in de practijk wordt gebruikt. De randen, welke stofdicht zijn afgedekt, worden afgelezen door middel van gewone noniën.

Fig. 57 toont een theodoliet, welks rand wordt afgelezen met microscopen; de tweede rand ontbreekt hier, aangezien het instrument uitsluitend wordt gebezigd tot het meten van horizontale hoeken.

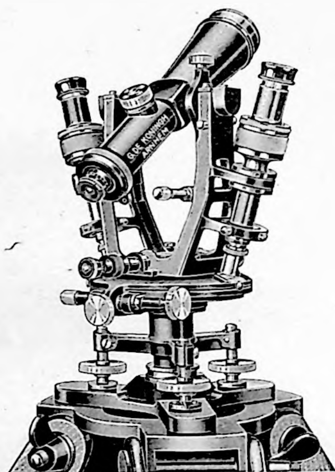


Fig. 57.

Aan beide instrumenten komen nog verschillende onderdelen voor, die alle ten doel hebben het gebruik zo zuiver mogelijk te maken. Voor de betekenis en werking dier onderdelen wordt verwezen naar figuren 58 en 59.

Teneinde de alhidade-cirkel nog een zeer kleine beweging te geven ten behoeve van een nauwkeurig instellen van de vizierlijn, indien de kijker nagenoeg op een bepaald punt is gericht, bevindt zich een inrichting aan de rand, welke in fig. 58 is voorgesteld.

In een arm, welke draaibaar is om de bus van de eerste as, is een lange schroef aangebracht, waarmede de arm aan de bus kan worden vastgeklemd.

In fig. 58 is weergegeven op welke wijze de zogenaamde micrometerbeweging plaats vindt. Op de alhidade a is een arm b bevestigd, die over de rand heenreikt en daarna rechthoekig naar beneden is om-

gebogen. Op de klemarm c (die dus onder de rand is aangebracht), komen twee opstaande blokjes d en e voor. Het blokje d bevat een schroef met kleine spoed, (micrometer-schroef), die het omgebogen eind van de arm b kan wegdrukken, terwijl in het blokje e een verende stift is bevestigd, welke steeds drukt tegen het omgebogen arm-einde.

Klemt men nu met behulp van de schroef k de arm c vast, dan zijn rand en alhidade met elkaar verbonden, echter op een zodanige wijze, dat de alhidade nog langzaam bewogen kan worden in de rand. Draait men nl. aan de micrometer-schroef m, dan volgt de stift g, door de werking

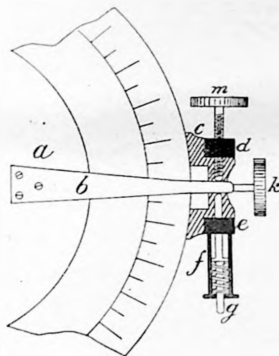


Fig. 58.

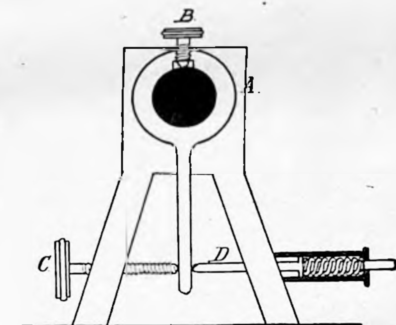


Fig. 59.

der spiraalveer in de bus f, deze beweging, terwijl c vast blijft staan en de alhidade zich beweegt. Op deze wijze kan men dus zeer nauwkeurig de vizierlijn laten samenvallen met het punt, waarop gericht wordt.

Ook voor de beweging van de kijker, in verticale zin, vindt men een soortgelijke constructie (fig. 59).

Om de tweede as is een arm A draaibaar, welke door middel van de klemschroef B vast verbonden kan worden met de as.

Aan een der stutten van de kijkeras is weer op soortgelijke wijze, als boven omschreven is, een micrometerbeweging aangebracht, waardoor de arm A en dus ook de kijker, tegelijk met de as, in de pannen kan gedraaid worden.

De stutten (zie fig. 54) eindigen van boven in pannen, waarin de tweede as met de kijker draaibaar is. Door middel van een veertje blijft de as steeds vast tegen de pan gedrukt. Aangezien het bij het regelen van het instrument nodig kan zijn, om aan deze as een kleine correctie te kunnen geven, zoals nader zal blijken, zijn de stutten van boven over een kleine afstand gespleten, terwijl men, met behulp van de trekschroef T en de drukschroef L, de spleet meer of minder breed kan maken, zodat hierdoor ook de as dieper of minder diep in de pan komt te liggen.

Het diaphragma van de kijker wordt met behulp van 4 correctieschroefjes N vastgehouden, waarmede dus de stand van de vizierlijn kan worden geregeld.

Ten einde beschadiging van de randen te voorkomen, zijn deze overdekt; ter plaatse van de microscopen zijn openingen in de dekplaat aangebracht, die weer stofvrij met een glazen plaatje zijn afgesloten. De in fig. 56 afgebeelde theodoliet is een zogen. repetitie-theodoliet (zie § 97).

De theódoliet, afgebeeld in fig. 60 wijkt in menig opzicht af van de vorige. Het is een instrument van een type, dat in de laatste jaren veelvuldig wordt vervaardigd.

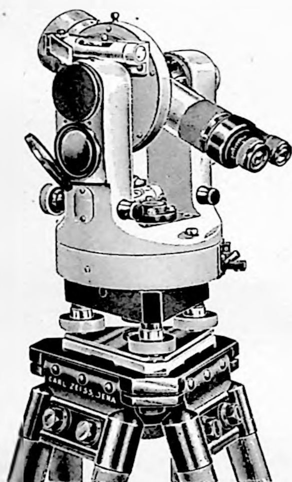


Fig. 60.

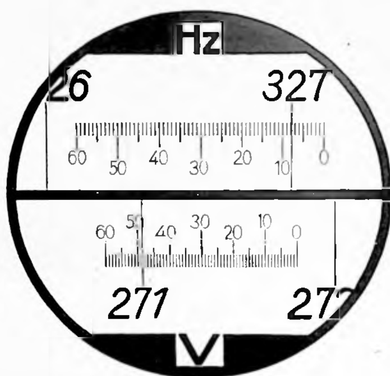


Fig. 61.

De aflezing van de beide randen geschiedt als 't ware gelijktijdig door het oculair, hetwelk zich onmiddellijk rechts van het kijker-oculair bevindt.

Dit oculair heeft ten doel om door middel van een inwendig lenzen- en prismastelsel zowel het beeld van de horizontale als van de verticale rand ter plaatse af te lezen.

In de linker stut bevindt zich een verlichtingsvenster, dienende om inwendig voldoende licht te brengen op de randen.

Het beeld, hetwelk wordt waargenomen is weergegeven in fig. 61. De bovenste helft heeft betrekking op de horizontale rand en de onderste helft op de verticale rand (centesimale verdelingen).

Men zou de opmerking kunnen maken, dat het instrument niet is voorzien van twee noniën, zodat dus een eventuele excentriciteitsfout niet wordt geëlimineerd. Deze onderstelling is echter onjuist, aangezien men

in het „doorslaan" van de kijker (zie § 93) het middel bezit om die fout te elimineren.

§ 89. Gebruik.

Zoals reeds vermeld is, dient de theodoliet tot het meten, zowel van horizontale als van verticale hoeken, waartoe het instrument aan enige voorwaarden moet voldoen, die betrekking hebben op de **opstelling** en op de **constructie** van het instrument.

Men onderscheidt daarom **opstellings-** en **regelingsvoorwaarden.**

§ 90. Voorwaarden van opstelling.

Bij het opstellen van de theodoliet is het nodig, dat de eerste as van het instrument zich loodrecht bevindt boven het hoekpunt van de hoek, die men wenst te meten.

Nadat het instrument naar behoren op het statief is gemonteerd, wordt op het oog zo goed mogelijk het instrument midden boven het hoekpunt geplaatst, waarna men de drie poten in de grond wegduwt.

Met behulp van het schietlood, hetwelk onder aan de stang, bij s, in fig. 55b is opgehangen, wordt vervolgens de drievoet een zodanige stand gegeven, dat het loodje juist boven het hoekpunt ligt, hetgeen men bereikt, door de desbetreffende poot van het statief in de grond te duwen. Men zorge hierbij, dat de kop van de drievoet op het oog zo goed mogelijk horizontaal blijft. Daarna worden de klemschroeven van de drievoet vastgedraaid en gaat men over tot de verdere horizontaalstelling van de rand, door middel van de drie stelschroeven van het instrument en met behulp van het buisniveau op de alhidade.

Daar het bij deze handelwijze kan voorkomen, (vooral wanneer de kop van het statief veel van de horizontale stand afwijkt) dat het haakje onder de stang en daarmede dus ook het schietloodje van plaats verandert, zo wordt de niet centrische opstelling verbeterd, door het gehele instrument op de kop enigszins te verschuiven.

De eisen van opstelling zijn dus:

1°. Het midden van het instrument moet loodrecht boven het hoekpunt staan.

2°. De eerste as moet vertikaal staan.

§ 91. Regeling van de theodoliet.

Is de in de voorgaande bladzijden beschreven theodoliet (met niveau op de alhidade) volkomen zuiver geregeld, dan moet het instrument aan de volgende voorwaarden voldoen:

1°. De richtlijn van het niveau moet rechthoekig staan op de eerste as.
2°. De tweede as moet loodrecht staan op de eerste as.
3°. De vizierlijn van de kijker moet rechthoekig staan op de tweede as.

Dikwijls is het niveau niet aangebracht op de alhidade, doch treft men een ruiterniveau aan, hetgeen geplaatst is op de tweede as. In zo'n geval moet het instrument aan de volgende voorwaarde van regeling voldoen:

1°. De richtlijn van het ruiterniveau moet evenwijdig lopen met de tweede as.

2°. De tweede as moet rechthoekig staan op de eerste as.

3°. De vizierlijn moet loodrecht staan op de tweede as.

De regeling van het eerstgenoemde instrument vindt, na zorgvuldige opstelling, als volgt plaats:

1°. **De richtlijn van het niveau moet rechthoekig staan op de eerste as.** (Vergelijk § 31 en § 34).

Men laat de bel boven een der stelschroeven inspelen en draait de alhidade vervolgens 180° om; men houde daarbij niet de kijker vast (wat men in den beginne licht geneigd is te doen), doch twee diametraal tegenover elkaar gelegen plaatsen van de alhidade, b.v. de stutten.

Speelt de bel nog in, dan is aan de voorwaarde voldaan. Speelt ze niet in, dan geeft de uitwijking het dubbele van de fout aan, die men dus voor de helft met de correctieschroef en voor de andere helft met de stelschroef opheft, tot zolang de bel in alle standen van het instrument inspeelt.

2°. **De tweede as moet loodrecht op de eerste as staan.**

Hiertoe plaatst men de theoliet op een afstand van enige meters voor een muur of schutting en maakt daarop op een hoogte van $\pm$ de dubbele hoogte van het instrument boven de grond een scherp afgetekend mikpunt; bijv. een zwarte stip van 1 mm middellijn op een wit stukje papier. Loodrecht hieronder, op de grond, legt men een dubbele decimeter. Men richt nu de kijker op het stipje en draait de klemschroef voor de eerste rand vast. Daarna geeft men de kijker een benedenwaartse helling, zodat men op de dubbele decimeter kan aflezen. Deze aflezing wordt genoteerd. Vervolgens wordt de kijker doorgeslagen, de alhidade $\pm$ 180° gedraaid en nogmaals eerst op het mikpunt en daarna op de decimeter gericht en afgelezen. Zijn beide aflezingen gelijk, dan staat de tweede as loodrecht op de eerste. Is dit niet het geval, dan wordt met behulp van de correctieschroeven T en L in fig. 54 de tweede as zodanig versteld, dat de aflezingen in beide gevallen gelijk zijn.

Om het juiste van deze handelwijze aan te tonen, kan men als volgt redeneren:

Is aan de eerste eis van regeling voldaan en staat ook de tweede as loodrecht op de eerste, dan zal, welke stand men ook aan de kijker geeft, (altijd in de veronderstelling, dat de kijker loodrecht op de tweede as staat) het vlak, beschreven door de kijker, steeds gaan door de eerste as, m.a.w. de kijker zal zich, in elke stand van de alhidade, bewegen in een vertikaal vlak.

Staat echter de tweede as niet loodrecht op de eerste as, doch de vizierlijn van de kijker wel loodrecht op de tweede as en de eerste as

vertikaal, dan zal ook de kijker niet meer een vertikaal vlak beschrijven bij draaiing om de tweede as, doch een vlak, dat met de muur of schutting een doorgang heeft volgens de lijn A B (zie fig. 62). Slaat men de kijker door en draait men vervolgens de alhidade 180° om, dan wordt de doorgang van het kijkervlak met de muur gevormd door de lijn A′ B′ waaruit dus volgt de foutieve stand van de tweede as.

Heeft men bij deze handelwijze ervoor gezorgd, om het mikpunt aan te brengen op een hoogte, juist gelijk aan tweemaal de afstand van de tweede as tot de grond, dan blijkt uit figuur 62. dat de fout na de tweede aflezing zich viermaal heeft voortgeplant.

Nadat toch de kijker eerst op A en daarna op B is gericht, wordt de alhidade 180° gedraaid. Gaf men nu aan de kijker, bij het opnieuw richten op A, een zelfde helling als de eerste keer, dan zou de kijker niet meer gericht zijn op A, doch op A′; de tweede as D D is uit haar stand nl. gekomen in D′D′ en de kijker in de stand A′B′. Doch thans richt men de kijker op A. De doorgang van het kijkervlak met de muur wordt verplaatst over een afstand van A′A, welke gelijk is aan het dubbele van de fout = 2 × B C.

Fig. 62.

Slaat men nu de kijker naar beneden, dan loopt de doorgang van het vlak met de muur evenwijdig met A′B′, zodat het punt B″, ten opzichte van B′, nogmaals het dubbele afwijkt van de fout. B″ is dus van B 4 × de afstand B C afgeweken. Aangezien men de afstand B B″ op de dubbele decimeter afleest, is dus B C gemakkelijk te vinden, en heeft men hierin het middel om de correctie zuiver uit te voeren.

3°. De vizierlijn van de kijker moet loodrecht staan op de tweede as.

Hiertoe richt men de kijker op een ver afgelegen punt en leest de stand der noniën af. Vervolgens slaat men de kijker door en richt nogmaals op het punt, waarna wederom de noniën worden afgelezen.

Voldoet het instrument aan de eis, dan zal de tweede aflezing juist 180° verschillen met de eerste. Is dit verschil niet volkomen 180°, dan geeft het meerdere of mindere het dubbele van de fout aan in de stand der vizierlijn.

Zij in fig. 63 A A de horizontale projectie van de tweede as en de lijn B B de horizontale projectie van de vizierlijn, welke gericht is op het punt B. Stond de vizierlijn rechthoekig op de tweede as, dan zou die vizierlijn bij draaiing van de kijker om de tweede as, een vertikaal vlak beschrijven, loodrecht op de tweede as, zodat na het doorslaan van de kijker en draaien van 180° om de eerste as, de kijker in de tweede stand weer hetzelfde vertikale vlak zou beschrijven als oorspronkelijk.

Maakt nu echter de vizierlijn een hoek met dit vlak, dan zal na het doorslaan van de kijker de vizierlijn zich projecteren volgens B′ B′, waarbij dan B′ over een hoek gelijk aan 2a is afgeweken van B. Laat men dus B′ samenvallen met B, dan geeft 2a de hoek aan, over welke zich B′ heeft verplaatst. Deze hoek is blijkbaar gelijk aan het verschil der beide aflezingen, verminderd met 180°.

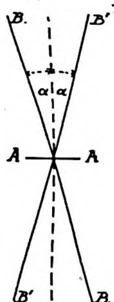


Fig. 63.

Door nu de helft van dit verschil te voegen bij de eerste aflezing, kan men de alhidade stellen op de juiste aflezing. De vizierlijn is dan echter niet meer gericht op B, waarom men met behulp der zijdelingse correctieschroefjes van het diaphragma de vizierlijn zuiver stelt op het punt B.

Ook kan men, nadat de eerste maal is afgelezen, de kijker doorslaan en de aflezing daarna met 180° vermeerderen. Brengt men nu punt B in de kijker, dan blijkt dat de vizierlijn niet samenvalt met B, doch in B′ valt. Door nu, met behulp der correctie-schroefjes, de vizierlijn juist halverwege B en B′ te brengen, kan men de vizierlijn loodrecht stellen op de tweede as. Deze bewerking herhaalt men dan nog eens, ten einde zich van de goede uitvoering te overtuigen.

§ 92. Regeling van een theodoliet met ruiterniveau.

In de eerste plaats gaat men na, of de richtlijn van het ruiterniveau evenwijdig loopt met de tweede as, waarop het niveau rust, door het niveau boven een der stelschroeven te laten inspelen en het vervolgens 180° op de as om te zetten. De uitwijking der bel wordt op de bekende wijze opgeheven.

Nu de richtlijn evenwijdig is met de tweede as, kan worden nagegaan of ook de tweede as loodrecht staat op de eerste.

Nadat het niveau boven een der stelschroeven tot inspelen is gebracht, wordt de alhidade met kijker 180° omgedraaid. Speelt het niveau nog in, dan blijkt, dat de richtlijn en dus ook de tweede as loodrecht staan op de eerste as. Speelt het niveau niet meer in, dan wordt de helft van de afwijking opgeheven met behulp van de correctie-schroeven aan een der stutten (waardoor de tweede as dus dieper of minder diep aan één zijde zakt) en voor de andere helft met de stelschroef. Men heeft hiermede dus de richtlijn en tegelijkertijd ook de tweede as loodrecht gebracht op de eerste as.

Het onderzoek omtrent de derde voorwaarde van regeling geschiedt op dezelfde wijze als in § 91 is aangegeven.

§ 93. Eliminatie der regelingsfouten.

Hoewel het aanbeveling verdient om steeds een theodoliet naar behoren te regelen, is het evenwel niet strikt nodig, dat bij een theodoliet met doorslaande kijker die regeling angstvallig nauwkeurig wordt uitgevoerd. In het doorslaan van de kijker toch bezit men een middel om de fouten van regeling te elimineeren. Dat dit inderdaad het geval is, blijkt uit fig. 64 en fig. 65.

Men verlangt in het hoekpunt A de horizontale hoek te meten tusschen de richtingen A B en A C. Neemt men nu gemakshalve aan, dat de punten A en B in hetzelfde horizontale vlak liggen, doch dat het punt C zich op enige afstand boven dit vlak bevindt, dan wenst men dus te kennen de hoek B A D. Het punt D wordt namelijk gevonden, door uit C een loodlijn op het horizontale vlak neer te laten.

Was nu de theodoliet volkomen goed geregeld en was ook de opstelling zuiver boven het punt A, dan zou, wanneer de kijker op het punt C gericht was, de vizierlijn, bij draaiing om de tweede as, een vertikaal vlak beschrijven, loodrecht op het horizontale vlak en gaande door de punten C, D en A.

Voldoet echter het instrument aan alle regelingsvoorwaarden, behalve aan de voorwaarde, dat de tweede as loodrecht moet staan op

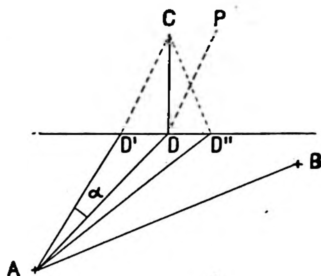


Fig. 64.

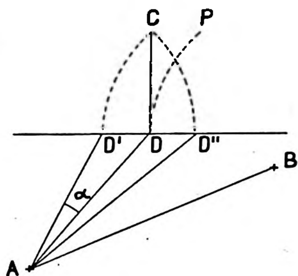


Fig. 65.

de eerste as, dan meet men bij het richten op C niet meer de hoek B A D, doch de hoek B A D′ welke een hoek *a* groter is dan de gevraagde.

Slaat men nu de kijker door, en richt men nogmaals op C, dan meet men de hoek B A D″, welke dezelfde hoek *a* kleiner is. Het gemiddelde van beide aflezingen geeft dan de zuivere hoek aan.

Men kan zich dit geval als volgt voorstellen:

Kon men in werkelijkheid het punt C projecteren op het horizontale vlak, en dit punt met een jalon aangeven, dan zou men dus juist een hoek B A D meten. Doch men richt op C, waartoe men de kijker een opwaartse beweging moet geven. Laat men de alhidade hierbij onveranderd staan, dan zal de vizierlijn, daar de tweede as niet rechthoekig staat op de eerste as, zich bewegen in de richting D P. Om dus P met C te laten samenvallen, moet de alhidade over een hoek *a* verdraaid worden, en wordt de aflezing dientengevolge even zoveel te groot. Na het doorslaan van de kijker echter, maakt men weer dezelfde fout, doch nu in tegengestelde zin, zodat blijkt, dat het gemiddelde der beide aflezingen de juiste is.

Ook de excentriciteitsfout wordt door het doorslaan van de kijker geëlimineerd.

§ 94. Staat in de tweede plaats de vizierlijn niet loodrecht op de tweede as, doch is overigens aan alle regelingsvoorwaarden voldaan, dan zal ook deze fout, door het doorslaan van de kijker, geëlimineerd worden. Zie fig. 65.

Geheel op dezelfde wijze als in fig. 64 blijkt hier, dat om op C gericht te komen, de alhidade een hoek *a* gedraaid moet worden. Bij de opwaartse beweging van de kijker beschrijft de vizierlijn echter in dit geval een hyperbool D P.

Komen beide fouten in de regeling gelijktijdig voor, dan voegen de fouten zich in de uitkomsten ook samen.

§ 95. Bevindt zich het punt B, evenals C, niet in het zelfde horizontale vlak met A, dan blijkt op gelijke wijze als boven is omschreven, dat ook bij het meten van deze richting de fout wordt geëlimineerd bij het doorslaan van de kijker.

§ 96. Op overeenkomstige wijze, als hierboven de regeling van de theodoliet is besproken met betrekking tot de eerste rand, blijkt verder, dat ook bij het meten van verticale hoeken een regelingsfout kan worden geëlimineerd, door gebruik te maken van het doorslaan van de kijker. In de gewone landmeterspractijk, met uitzondering van tachymetrie, wordt zelden gebruik gemaakt van de tweede rand.

§ 97. **Wijze van uitvoering van een meting met de theodoliet.** Bij het verrichten ener meting met de theodoliet kan men twee methoden volgen, nl. de **repetitie-** en de **reïteratie-methode.**

Bij de eerste methode moet de theodoliet hiervoor bijzonder zijn ingericht, aangezien de methode berust op het meerdere malen meten van dezelfde hoek, waarna dan door deling de gevraagde hoek wordt verkregen. Een repetitie-theodoliet is zodanig geconstrueerd, dat ook de eerste rand, evenals de alhidade, draaibaar is om de vertikale as. (Zie fig. 56).

Om een hoek volgens de repetitie-methode te meten, richt men op het ene voorwerp, en leest beide noniën af. Vervolgens wordt op het andere voorwerp gericht, en de aflezing genoteerd. Daarna draait men het hele bovenstel, dus ook de rand, totdat de kijker weer gericht is op het eerste voorwerp. Vervolgens wordt de alhidade-cirkel gedraaid, totdat weer op het tweede voorwerp is gericht, (waarbij niet wordt afgelezen) en herhaalt zich het draaien van het hele bovenstel, totdat gericht is op het eerste voorwerp. Men meet dus op deze wijze enige malen dezelfde hoek. De eerste aflezingen van de hoek worden verricht om reeds terstond de benaderde waarde van de hoek te verkrijgen.

Bij de reïteratie-methode meet men de hoek op verschillende delen van de rand, waarbij die delen op regelmatige afstanden worden genomen, teneinde eventuele foutjes in de verdeling zoveel mogelijk te ontgaan.

Hoewel een repetitie-theoliet hiervoor zeer gemakkelijk is, omdat de rand telkens verplaatst moet worden, komt elke andere theodoliet

hiervoor in aanmerking, indien men hem slechts een bepaalde hoek op de drievoet draait.

Zijn twee noniën aanwezig, dan moet voor elke nieuwe meting de rand dus verplaatst worden $\frac{360^\circ}{2n}$, indien n het aantal metingen aangeeft voor elke hoek.

Bij het verrichten ener meting worden in elke standplaats zoveel richtingen gemeten, als in de standplaats voorkomen, welke serie men dan eenmaal in de gewone stand, en daarna in de doorgeslagen stand van de kijker verricht.

Nadat de rand zo nodig gedraaid is, volgt een nieuwe serie, op dezelfde wijze uitgevoerd. Door aftrekking der verschillende richtingen vindt men tenslotte de gemeten hoeken. (Zie „Register van Hoekmetingen" in hoofdstuk IX, formulier VIII).

c. Boussole.

§ 98. De boussole is een instrument, waarmede men azimuths meet en welks werking berust op de eigenschappen der magneetnaald.

Onder azimuth wordt verstaan de hoek, die een lijn maakt met de meridiaan. Men maakt onderscheid tussen de magnetische en de ware meridiaan.

§ 99. Declinatie der Magneetnaald.

Zoals bekend mag worden verondersteld, neemt een magneetnaald, die in een horizontaal vlak om een middelpunt vrij draait, ongeveer voor elke plaats éénzelfde stand aan, welke richting men aanduidt met de naam van „magnetische meridiaan". Bij metingen met de boussole bepaalt men het azimuth ener lijn ten opzichte van de magnetische meridiaan.

Deze magnetische meridiaan is, zoals gezegd, niet dezelfde als de ware meridiaan, doch maakt met deze een hoek, **declinatie der magneetnaald** genaamd, die veranderlijk is met de plaats waar, en met de tijd, waarop men de meting verricht.

Niet alleen neemt de declinatie in een bepaalde richting onregelmatig toe en af, doch ook voor elke plaats ondervindt men dagelijkse afwijkingen, die voor een deel een regelmatig, voor een ander deel een onregelmatig karakter vertonen.

Die regelmatige veranderingen nemen dagelijks af en toe, zodat men dus nooit volkomen zuiver een azimuth bepaalt in gewone omstandigheden. De onregelmatige veranderingen, ook wel storingen geheten, staan in nauw verband met de natuurverschijnselen en ook hiervan is tijdens een meting niet met zekerheid de invloed te bepalen.

Zoals reeds gezegd, is de declinatie niet voor alle plaatsen gelijk. In grote trekken kan men aannemen, dat ze in Europa en Afrika westelijk is, terwijl ze in Amerika en bijna geheel Azië oostelijk is. In Nederland neemt ze jaarlijks met ongeveer 10′ af.

Blijkens onderstaande gegevens bedroeg de declinatie over de jaren:

	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1940	1946
voor de Bilt W.	9° 26′	9° 15′	9° 4′	8° 53′	8° 43′	8° 33′	7° 45′	6° 50′
voor Batavia O.	0° 54′	0° 58′	1° 1′	1° 4′	1° 6′	1° 9′		±0° —

§ 100. Inrichting van de Boussole (fig. 66a en 66b).

De naam boussole ontleent het instrument aan de vorm, die het heeft. Het bestaat nl. uit een platte cylindervormige doos (bussola),

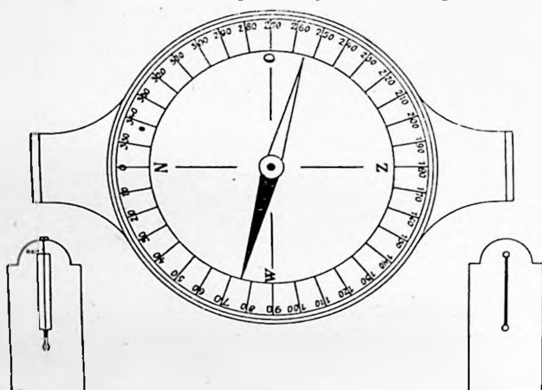


Fig. 66a.

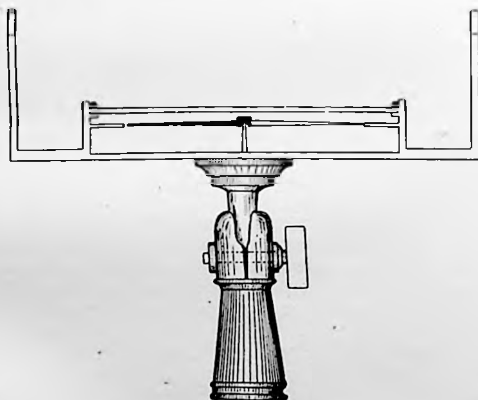


Fig. 66b.

welke van boven is afgesloten door een glazen plaat. In het middelpunt van het grondvlak is een as loodrecht geplaatst, welke van boven in een punt eindigt, terwijl op deze as een magneetnaald los is gelegd, zodat de naald zich vrij in de doos kan bewegen.

Ten einde de wrijving zo gering mogelijk te maken, is het midden van de naald meestal voorzien van een agaten hoedje, waarmede zij om de as draait. Op dezelfde hoogte, als waarop zich de naald bevindt, treft men in de doos een rondgaande randverdeling aan, zodat de beide uiteinden der naald zich steeds langs die verdeelde rand bewegen. Wenst men de naald buiten werking te stellen, dan kan men door middel van een hefboom de naald naar boven brengen, tot het hoedje vast tegen de glazen plaat gedrukt wordt.

Ten einde met het instrument te kunnen richten, is het, in zijn eenvoudigste vorm, voorzien van een vizierinrichting, bestaande uit een objectiefspleet met draad en een oculairspleet. De vizierlijn ligt in hetzelfde vlak met de lijn 0°, —180° van de randverdeling. Wat de becijfering betreft op de rand, zo wordt opgemerkt, dat deze in tegengestelde zin is aangebracht als waarop deze gewoonlijk bij andere hoekmeetinstrumenten voorkomt. Volgens deze becijfering worden steeds oostelijke azimuths afgelezen. Behalve de cijfers van de randverdeling, komen vaak de beginletters der vier windstreken voor, welke dus geplaatst zijn bij 0°, bij 90°, bij 180° en bij 270°.

§ 101. De opstelling van de hier beschreven boussole heeft plaats op een statief, waartoe het instrument van onderen voorzien is van een kegelvormige bus met kogelgewricht, die op het statief past (fig. 66b).

§ 102. Hoewel, wat de wijze van werking betreft, alle boussoles

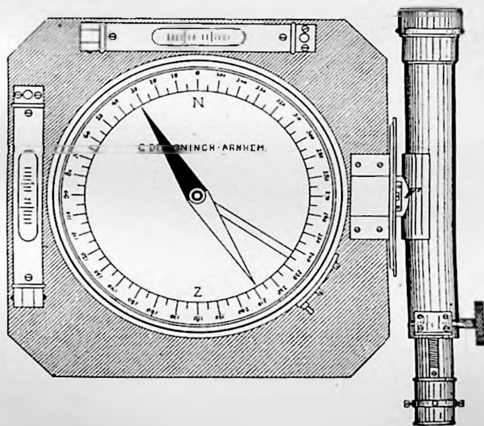


Fig. 67.

aan elkaar gelijk zijn, treft men toch dikwijls een enigszins andere constructie aan, waardoor betere resultaten zijn te verkrijgen.

Inplaats van een gewone vizierinrichting is de boussole dan voorzien van een kijker, die evenwijdig is met de lijn 0°—180°, en die draaibaar is om een as, welke in hetzelfde vlak ligt met de rand van de boussole. Fig. 67 geeft van een dergelijke boussole een voorbeeld. De kijker is excentrisch aangebracht, waardoor dus in de enkele meting een fout wordt gemaakt. Deze fout zal echter alleen bij zeer korte lijnen haar invloed laten gelden, doch in zo'n geval kan men die fout door het verrichten ener tweede meting met doorgeslagen kijker elimineren.

De boussole wordt opgesteld op een drievoet, terwijl voor de horizontaalstelling van de rand twee buisniveaux zijn aangebracht.

Men bezigt in de laatste tijd veelvuldig een soort boussole, genaamd **Boussole tranche-montagne.** Dit is een kijkerboussole, voorzien van een vertikale rand en een inrichting, die het instrument geschikt maakt om afstanden te meten.

De beschrijving, zomede het gebruik van dit zeer doelmatige instrument, hetwelk veelvuldig in bergachtig terrein wordt gebruikt, vindt men onder Hoofdstuk XV (Tachymetrie).

§ 103. Gebruik van de boussole.

Uit het voorgaande kan men gemakkelijk de gevolgtrekking maken, dat de boussole niet behoort tot die hoekmeetinstrumenten, waarmede bijzonder nauwkeurig metingen kunnen verricht worden. In de eerste plaats toch is de meting van het magnetisch azimuth nooit volkomen zuiver, daar men door de declinatie, die steeds verandert niet altijd in staat is om het ware azimuth te kunnen meten.

Verder moet niet uit het oog worden verloren, dat de aflezing van de magneetnaald vrij lastig is, vooral wanneer deze bijzonder gevoelig is.

De naald met een nonius voorzien zou dus geen doel hebben. Gewoonlijk treft men bij boussoles een randverdeling tot in halve graden aan, soms in vierde of derde graden. Kleine onderdelen worden geschat.

Bij het aflezen zorge men steeds de beide uiteinden der naald af te lezen en het gemiddelde als de juiste waarde aan te nemen.

In verband met het bovenstaande is in de regel bij meting met de boussole een pijnlijk nauwkeurige centrische opstelling niet nodig en behoeft dan ook in de meeste gevallen geen schietlood gebruikt te worden.

§ 104. Eisen, waaraan een boussole moet voldoen.

a. De voornaamste eis, aan een boussole te stellen, is de gevoeligheid en de zuivere afwerking van de naald.

Men kan die gevoeligheid nagaan, door met een ijzeren voorwerp de naald uit haar stand te brengen en vervolgens na te gaan, of zij weer haar oorspronkelijke stand inneemt. Ook kan men de boussole om haar as enige malen ronddraaien, waarbij dan de naald stil moet blijven staan. Practisch voert men dit uit, door op een liefst ver afgelegen voor-

werp te richten en de stand der naald af te lezen. Na het ronddraaien der boussole moet men weer dezelfde aflezing verkrijgen, indien op het voorwerp gericht wordt.

b. Bij de boussole met gewone vizieren (fig. 66a en 66b) moet het viziervlak loodrecht staan op de verdeelde rand van de boussole. Dit onderzoekt men op de volgende wijze. Na de as met behulp van een buisniveau, hetwelk op de boussole geplaatst wordt, vertikaal te hebben gesteld, richt men op een vrijhangend schietlood. Wordt de draad van het schietlood gedekt door de vertikale objectiefdraad, dan staat het viziervlak loodrecht op de boussoledoos. Is dit niet het geval, en zijn geen correctieschroeven aanwezig om de vizieren te regelen, dan is het instrument gewoonlijk slechts alleen door de instrumentmaker te verbeteren.

c. Is de boussole van een kijker voorzien (zoals in fig. 67) dan moet de as, waarom de kijker draait, rechthoekig staan op de as van de boussole, terwijl de vizierlijn loodrecht moet staan op de as van de kijker. Men onderzoekt zulks door op het hoogste punt van een vrij hangend schietlood te richten, terwijl de boussole een twee- of drietal meters van het schietlood verwijderd is.

Draait men nu de kijker naar beneden en richt men op de voet van het koord van het schietlood, (zonder de boussole om zijn as te draaien) dan moet bij deze draaiing de vizierlijn steeds gericht blijven op de draad. Blijkt nu, dat dit niet het geval is, dan kan dit het gevolg zijn, òf van een verkeerde stand van de as van de kijker, òf van een verkeerde stand van de vizierlijn, òf wel van beide.

Staat de draaiings-as van de kijker niet loodrecht op de as van de boussole, doch de vizierlijn wel loodrecht op de kijker-as, dan zal de vizierlijn een lijn beschrijven A B, (zie fig. 68a) indien aan de kijker in beide standen een zelfde helling wordt gegeven. De afstand A C is dan gelijk aan B D.

Staat daarentegen de vizierlijn niet loodrecht op de as van de kijker, doch deze laatste wel rechthoekig op de as van de boussole, dan beschrijft de vizierlijn een kromme lijn, volgens A'B' (fig. 68b), terwijl de uitwijkingen, in tegenstelling met de vorige, in dezelfde zin voorkomen.

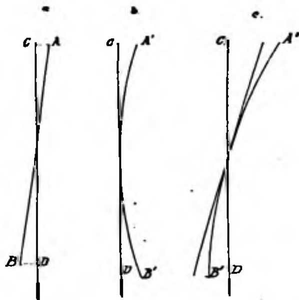


Fig. 68.

Zijn ten slotte beide fouten tegelijkertijd aanwezig, dan beschrijft de vizierlijn de gebogen lijn A'' B'' (fig. 68c). terwijl de uitwijkingen dan gelijk zijn aan de sommen der uitwijkingen, door beide verkeerde standen veroorzaakt. Men verkrijgt dus ongelijke uitwijkingen in dit geval. Naar aanleiding van deze uitwijkingen kan men derhalve de fouten verbeteren.

§ 105. De correctie van de kijker-as vindt plaats met behulp der

schroeven F, (fig. 67) terwijl de vizierlijn wordt geregeld met de correctieschroefjes van het diaphragma.

Men zou als laatste eis nog kunnen stellen de voorwaarde, dat de vizierlijn of het viziervlak evenwijdig moet lopen met de lijn 0°—180°. Dit is echter in de meeste gevallen onnodig, daar men in zo'n geval bij alle azimuths dezelfde fout maakt, waardoor evenwel de betrekking tussen de azimuths onderling niet verloren gaat. Alleen wanneer men met verschillende boussoles in hetzelfde terrein werkt, is het gewenst de declinatie van elke boussole te kennen.

Hoewel de boussole in het algemeen geen instrument is, waarmede volkomen nauwkeurige en betrouwbare metingen kunnen worden uitgevoerd, mag niet uit het oog verloren worden, dat zij in vele gevallen het enige instrument is om practisch en vlug mede te kunnen werken. Vooral bij opmetingen in bossen, welke doorsneden worden door talrijke kromme wegen en perceelscheidingen, kan men van de boussole veel nut trekken, terwijl ze voorts bij inmetingen, op een topografische grondslag, eveneens goede diensten bewijst. In dit laatste geval wordt dan echter meestal de Boussole tranche-montagne gebruikt (zie hoofdstuk XV).

d. Sextant.

§ 106. Beschrijving.

Tot dusver werden hoekmeetinstrumenten beschreven, welke alle een vaste ondersteuning door middel van een statief of stok verlangden. In de sextant bezit men een instrument, waarvoor geen vaste opstelling nodig is, zoals uit 't volgende moge blijken. (Zie fig. 69 en 69a).

Het instrument heeft in grote trekken de vorm van een cirkelsector met een middelpuntshoek van ± 60°, vandaar de naam sextant = een zesde deel van een cirkelomtrek.

De cirkelrand A B is door middel van een stelsel speken verbonden met het middelpunt. Een alhidade E, draaibaar om dit middelpunt, is voorzien van een nonius en een loupe, waardoor de rand kan worden afgelezen. Met behulp van een klemschroef kan de alhidade worden vastgezet op de rand; met de micrometerschroef G is een kleine verschuiving van de alhidade langs de rand mogelijk voor het scherp instellen. Boven het middelpunt, loodrecht op de alhidade bevindt zich **de grote spiegel** C terwijl loodrecht op de buitenspeek bij D **de kleine of kimspiegel** is bevestigd. Deze kimspiegel is alleen voor de onderste helft verfoelied; de bovenste helft is gewoon doorschijnend glas. De grote spiegel kan met behulp van het correctieschroefje *a* loodrecht op de alhidade gesteld worden; bij de kimspiegel treft men 2 soorten correctieschroeven aan, van welke de schroefjes *b* dienen om de spiegel achterover of voorover te doen hellen, terwijl met de schroeven *c* de spiegel om zijn verticale as kan verdraaid worden. Juist tegenover de kimspiegel, op de andere speek, is bij F een kijker aangebracht. Verder bevinden zich bij H en K temperglazen (groen en rood gekleurde glazen), welke dienen om het scherpe zonlicht te temperen, indien

Fig. 69.

astronomische waarnemingen gedaan moeten worden; bij het landmeten komen zij zelden te pas. De temperglazen zijn met een scharnier bevestigd, zodat zij op de weg der lichtstralen kunnen gebracht worden. Het instrument wordt bij 't gebruik in de rechterhand genomen, waartoe het van onderen is voorzien van een handvat.

Figuur 69 geeft een schematische voorstelling van een sextant; fig. 69a geeft een afbeelding van het instrument, zoals het in de handel wordt gebracht.

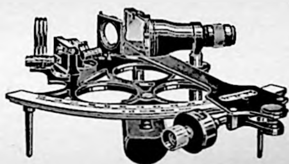


Fig. 69a.

§ 107. **Gebruik.** Het gebruik van de sextant berust op dezelfde eigenschap als is beschreven in § 45. Een invallende lichtstraal B C op de grote spiegel C wordt teruggekaatst op de kimspiegel D en treedt uit in de richting D C′ (fig. 70). De as van de kijker is ongeveer evenwijdig met deze uittredende licht-

straal. De hoek c is dus het dubbele van de hoek, die de twee spiegels maken.

De stand van de kimspiegel moet verder zodanig zijn, dat deze evenwijdig is met de grote spiegel, wanneer de nonius van de alhidade op nul staat.

Om een hoek te meten, waaronder twee voorwerpen van uit een gegeven punt worden gezien, neemt men de sextant in de rechterhand waarbij de as van de grote spiegel in het hoekpunt en de rand in het vlak van de hoek wordt gehouden. Met de linkerhand houdt men het vrije uiteinde der alhidade vast om deze langs de rand te kunnen verschuiven. Men ziet nu door de kijker F en door het onverfoeliede gedeelte van de kimspiegel naar het linker voorwerp en beweegt met de linkerhand de alhidade zoveel vóór of achteruit, dat in het verfoeliede gedeelte van de kimspiegel het door de grote spiegel teruggekaatste beeld van het rechter voorwerp wordt waargenomen. De alhidade wordt vervolgens met de klemschroef vastgezet en daarna brengt men het in de spiegel gevormde beeld door middel van de micrometerschroef G tot samenvalling met het rechtstreeks geziene linker voorwerp.

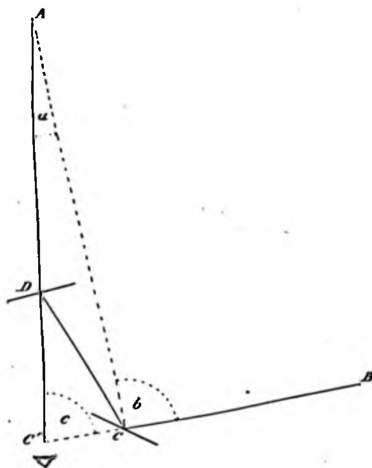


Fig. 70.

Het is nu duidelijk dat bij deze behandeling de spiegels een hoek zullen vormen, die de helft is van de gevraagde hoek. Het nulpunt van de nonius heeft zich over de rand dus ook bewogen over een boog, gelijk aan de hoek der spiegels. Was de rand nu op de gewone wijze becijferd, dan zou men de helft van de gevraagde hoek aflezen. Om de nodige vermenigvuldiging te ontgaan, zijn op de rand de halve graden als hele graden aangeduid, zodat men onmiddellijk de gevraagde hoek afleest. Met de in fig. 69 aangeduide sextant zijn dus hoeken te meten tot ± 140°.

Tegenwoordig worden sextanten vervaardigd, waarbij de aflezing met loupe is vervangen door een afleestrommel, zoals fig. 69a en 71 tonen.

Daartoe is de alhidade voorzien van een index, terwijl de micrometerbeweging voorzien is van een index en trommel, waarmede rechtstreeks tot halve minuten kan worden afgelezen. Kleinere onderdelen worden geschat.

In plaats van sextanten, treft men soms octanten aan (een achtste deel van de cirkelomtrek), waarmede dus hoeken tot ± 90° zijn te meten. Hoofdzakelijk worden deze echter door de zeeman gebezigd.

§ 108. **Voorwaarden van regeling, waaraan de sextant moet voldoen.**

De eisen, waaraan de sextant voor het gebruik moet voldoen zijn:

1°. De grote spiegel moet loodrecht staan op het vlak van de rand.

2°. De as van de kijker moet evenwijdig zijn met het vlak van de rand.

3°. De kleine spiegel moet met het vlak van de rand dezelfde hoek vormen als de grote spiegel.

De regeling wordt als volgt uitgevoerd:

1°. Om na te gaan of de grote spiegel loodrecht op het vlak van de rand staat, neemt men de sextant in de linkerhand, terwijl men de

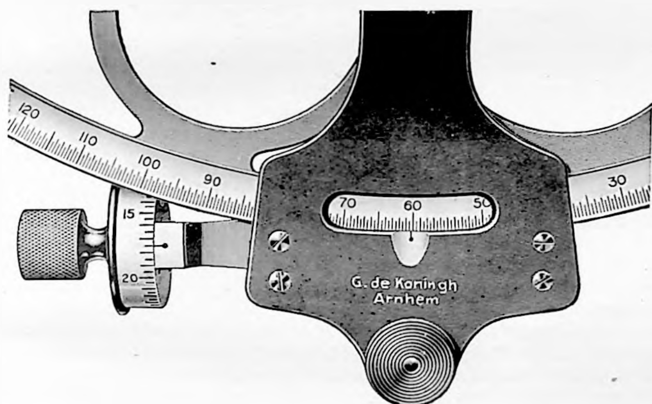


Fig. 71.

alhidade ongeveer op 't midden van de rand, dus ter hoogte van de deelstreep 60° richt. Houdt men nu het oog een weinig boven de rand en ziet men vervolgens in de grote spiegel naar het daarin gevormde beeld van het uiteinde van de rand, dan moet dit beeld als 't ware het verlengde vormen van het andere uiteinde van de rand, dat men langs de grote spiegel ziende, rechtstreeks waarneemt. Ligt het spiegelbeeld hoger dan het rechtstreeks waargenomene dan helt de spiegel voorover; in 't andere geval achterover. Met behulp van de correctieschroef *a* kan men de grote spiegel nu de juiste stand geven.

2°. Voor het onderzoek naar de stand van de as van de kijker zet men de sextant op een tafel en richt men de rand door er over heen te zien op een horizontale lijn (bijv. een raamdorpel, een voeg in een muur) en gaat dan na, door de kijker ziende, of deze lijn zich bevindt midden in het gezichtsveld van de kijker. Is dit niet 't geval dan moet men met meestal daartoe aanwezige correctie-schoefjes de ondersteuning

van de kijker verstellen. Ontbreken de correctie-schroefjes, dan kan men met behulp van bladtin het gebrek verhelpen.

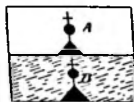


Fig. 72.

3°. De regeling van de kleine spiegel vindt als volgt plaats, (zie fig. 72).

Men richt de kijker op een voorwerp en gaat na of het mogelijk is, door het verdraaien van de alhidade, om het spiegelbeeld B van het voorwerp te doen samenvallen met het voorwerp A zelf. Blijkt dit niet mogelijk te zijn, dan brengt men beeld en voorwerp onder elkaar en vervolgens tot volkomen samenvalling met behulp van de correctieschroefjes *b*.

§ 109. Indexcorrectie.

Wanneer de beide spiegels evenwijdig zijn, moet de nonius op nul staan. Wanneer dit niet het geval is, dan wordt een fout gemaakt die men de index-fout noemt, en waarvan de gelijke maar tegengestelde waarde als index-correctie zo nodig moet worden aangebracht. Om deze correctie te bepalen gaat men als volgt te werk.

Men richt de kijker op een ver verwijderd voorwerp, b.v. een kerktoren, een ster enz., en laat dit beeld samenvallen met zijn dubbel teruggekaatst beeld. Zijn de spiegels evenwijdig, dan zal men moeten aflezen 0°. Leest men daarentegen af p, dan is de index-correctie — p, welke bij elke te meten hoek moet worden opgeteld.

Ook kan men, ter bepaling der index-correctie, de volgende weg inslaan.

Met behulp van de gekleurde zonnedop, die in de regel aanwezig is en welke aan de oculairzijde op de kijker kan worden geschroefd, richt men op de zon en laat het teruggekaatste beeld de ene keer aan de linker-zijde en vervolgens aan de rechterzijde van het rechtstreeks geziene beeld raken. Beide waarnemingen leest men af op de rand. Vindt men voor de beide aflezingen respectievelijk p en q dan bedraagt de index-correctie δ:

$$\delta = -\frac{p+q}{2}.$$

In deze formule is het teken zodanig genomen, dat de index-correctie steeds moet opgeteld worden bij een te meten hoek.

Het is licht in te zien, dat men door deze handelwijze feitelijk de grootte van de zonsmiddellijn meet. Men meet nl. de ene keer een hoek α (= de schijnbare zonsmiddellijn), die gelijk is aan de aflezing op de rand, vermeerderd met δ, terwijl men de tweede keer de negatieve hoek α meet, vermeerderd met δ. Men heeft dus:

$$\alpha = p + \delta$$
$$-\alpha = q + \delta.$$

Telt men deze vergelijkingen samen dan vindt men:

$$0 = p + q + 2\delta$$

$$\text{dus } \delta = -\frac{p+q}{2}.$$

Verder kan men uit de afgelezen waarden de schijnbare zonsmiddellijn afleiden, die vrijwel constant is en zo nodig voor elke dag in astronomische jaarboeken is aangegeven. Zij is nl. $\pm 32'$ maar varieert met het jaargetijde van $32'\ 35''$ tot $31'\ 30''$. Men heeft hierin dus een middel om de graad van nauwkeurigheid der waarnemingen te controleren.

Trekt men nl. de vergelijkingen van elkaar af, dan vindt men:

$$2\,a = p - q.$$

$$a = \frac{p - q}{2}.$$

Wil men de indexfout opheffen, dan zet men de nonius op nul en geeft de kleine spiegel met behulp der correctieschroefjes *c* een zodanige stand dat beeld en voorwerp zuiver samenvallen. Men richte daarbij op een ver afgelegen voorwerp, bijv. een grote ster of verafgelegen kerktoren. De correctieschroefjes *c* zijn zodanig aangebracht dat bij draaiing dier schroefjes de kleine spiegel om zijn verticale as kan worden bewogen.

§ 110. Spiegelparallax.

Wanneer het linker voorwerp dichtbij is gelegen, moet behalve de index-correctie nog een andere correctie, die der spiegelparallax worden aangebracht. (Zie fig. 70).

Bij het meten van de hoek A C' B bevindt zich het middelpunt van de rand boven het hoekpunt C, doch de hoek, die de lichtstralen maken, wordt gevormd door de hoek A C' B, die niet gelijk is aan de gevraagde hoek. Het verschil noemt men spiegelparallax en deze is dus niet constant, maar neemt toe, naarmate het linker voorwerp dichterbij is. Verder is de spiegelparallax steeds positief en moet bij de aflezing worden opgeteld.

In fig. 70 is $b = a + c$.

De hoek c wordt afgelezen, en dus stelt hoek a de spiegelparallax voor. Deze hoek a kan berekend worden: men kan nl. de afstand meten van het punt C tot de as van de kijker. Noemt men deze d en verder de afstand tot het linkervoorwerp L, dan is

$$a = \frac{d \times 206265''}{L}.$$

De waarde $d \times 206265''$ is een constante voor een bepaald instrument. Zoals is aangetoond, kan ze rechtstreeks door meting worden bepaald; bijzonder nauwkeurig is deze meting echter niet gemakkelijk uit te voeren, waarom men ter bepaling der spiegelparallax liever de volgende weg inslaat.

Men plaatst de sextant op een tafel en laat een voorwerp op een afstand van b.v. 3 m met zijn dubbel teruggekaatst beeld samenvallen. Men kieze als voorwerp een verticale lijn op een strookje papier. De afstand wordt nauwkeurig gemeten van het voorwerp tot het middelpunt van de rand. Men wil dus een hoek van nul graden meten, doch

vindt als gemiddelde van enige aflezingen (omdat men de waarneming enige malen herhaalt ter verkrijging van een zuiver gemiddelde) een waarde q:

Aannemende, dat ook een index-fout aanwezig is, krijgt men dus de volgende vergelijking:

$$o = q + \delta + \frac{d \times 206265''}{L}$$

en derhalve

$$d \times 206265'' = L\,(q + \delta).$$

Heeft men bijv. voor een bepaalde sextant de index-correctie bepaald op $-2'\ 15''$, voor de afstand L gevonden 3 m, en op de rand afgelezen $-56'\ 10''$, dan is de zogenaamde **constante van spiegelparallax:**

$$d \times 206265'' = -3\,(-56'\ 10'' - 2'\ 15'') = 10515''.$$

Wanneer men met deze sextant de hoek A C B in fig. 70 wil bepalen en aannemende, dat men als aflezing vindt $81^\circ\ 10'\ 20''$, terwijl de afstand AC' 452 m bedraagt, dan verkrijgt men als uitkomst:

$$81^\circ\ 10'\ 20'' - 2'\ 15'' + \frac{10515''}{452} = 81^\circ\ 8'\ 26''.$$

§ 111. Uit het voorgaande volgt, dat men, om de spiegelparallax in rekening te kunnen brengen, behalve de constante de afstand tot het linkervoorwerp kennen moet. Dit is echter in de meeste gevallen juist het doel der meting, en men kan weliswaar volstaan met een benaderde waarde van die afstand, doch de bezwaren blijven bestaan. Meer aanbevelenswaardig is daarom het gebruik maken van de volgende methode, die het voordeel biedt van de hoek te meten, zonder de index-correctie en de spiegelparallax behoeven te kennen. Men meet eerst op de beschreven wijze de hoek, terwijl men daarna het linkervoorwerp met zijn eigen dubbel teruggekaatst beeld laat samenvallen en men trekt daarna de verkregen aflezing van de eerste af. Het valt gemakkelijk in te zien, dat bij deze manier de index-correctie en de spiegelparallax worden geëlimineerd en men vindt dus als uitkomst de werkelijke waarde van de hoek.

De sextant wordt in het gewone landmeten weinig gebruikt. Alleen bij metingen langs rivieren, moerassen, drassige landen, enz., waar een opstelling van instrumenten op een statief zeer bezwaarlijk is, kan de sextant goede diensten bewijzen, omdat geen vaste ondersteuning nodig is. Een nadeel van het instrument is, dat de hoeken in hun eigen vlak worden gemeten, zodat om deze tot de horizont te herleiden, een andere meting ter verkrijging der verticale hoeken nodig is, en dit laatste is doorgaans zeer bezwaarlijk. Maar ook staat het instrument achter bij de theodoliet door de omstandigheid, dat geen diametrale noniën aanwezig zijn en men dus fouten in de randverdeling en excentriciteit niet kan elimineren. Ook kan men bezwaarlijk hoeken meten, groter dan ± 120°, zodat men bij 't meten van grotere hoeken,

deze eerst in twee of meer delen moeten verdelen, die elk afzonderlijk moeten worden gemeten en waardoor fouten in de hand worden gewerkt. Om zeker te zijn van een goede randverdeling, dient een sextant gecontroleerd te worden door nameting van bekende hoeken

---

HOOFDSTUK VII.

GROTERE METINGEN.

§ 112. Algemeen overzicht.

Tot dusver werden bij het verrichten ener meting zodanige terreinen besproken, die enkel met behulp van meetband en instrumenten tot het uitzetten van rechte hoeken konden worden opgemeten. In het algemeen behoefden zulke terreinen slechts aan de eis te voldoen, dat ze in alle richtingen toegankelijk waren, terwijl de grootste uitgestrektheid niet verder reikte dan het gezichtsveld.

Bij het opmeten van grotere terreinen evenwel, zullen de beschreven methoden veelal tekort schieten, waarom dan ook de meting in zo'n geval anders moet worden ingericht.

Ook wanneer het terrein, hoewel van betrekkelijk kleine omvang, niet in alle richtingen toegankelijk is, kan men door het verrichten van hoekmetingen gepaard met lengtemetingen, meestal sneller en beter zijn doel bereiken, dan wanneer men alleen een ingewikkeld net van meetlijnen over het terrein legt.

Is nu de uitgestrektheid of de gesteldheid van een terrein van die aard, dat het niet mogelijk is om met de bekende eenvoudige hulpmiddelen zijn doel te bereiken, dan moet worden overgegaan tot een combinatie van hoek- en lengtemetingen.

Zoals reeds in het begin werd vermeld, moet ook hierbij steeds worden gezorgd om van het grote in het kleine te meten.

De metingen worden dan onderscheiden in:

a. meting van het net.
b. détailmeting.

§ 113. Net- en détailmeting.

In de eerste plaats zorgt men van het terrein een aantal punten op te meten, waardoor de onderlinge ligging dier punten zo nauwkeurig mogelijk bepaald is. Deze punten worden met elkaar verbonden, waardoor een geraamte wordt verkregen, dat zich over het gehele terrein uitstrekt.

Dit geraamte noemt men het „**net**". Het is dus iets soortgelijks als het net van meetlijnen bij de kleinere metingen.

De eigenlijke opmeting van de verschillende delen van het terrein draagt de naam van „**détailmeting**". De détailmeting is het vervolg van de meting van het net en sluit hier volkomen bij aan. Zij is gebaseerd

op het net, zodat de nauwkeurigheid van het net voor een groot gedeelte op de détails wordt overgebracht.

Elke détailmeting van een gedeelte van het terrein staat als 't ware op zich zelf, zodat een opstapeling van fouten wordt voorkomen.

Voor de opmeting van het net komen de volgende methoden in aanmerking:

a. Driehoeksmeting.
b. Veelhoeksmeting.

Bij de détailmeting past men toe:

c. Coördinatenmethode.
d. Voerstraalmethode.
e. Basismethode.

§ 114. a. **Driehoeks-methode.** (fig. 73).

De op te meten punten worden verbonden, zodat een net van aan-

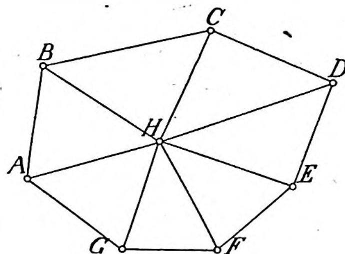


Fig. 73.

eensluitende, en elkaar niet bedekkende, driehoeken ontstaat. Men meet dit net op, door van alle driehoeken de hoeken te meten, benevens één driehoekszijde. Met behulp van die gemeten zijde en alle hoeken berekent men de overige zijden van het net, waardoor de punten van het net bekend zijn.

b. **Veelhoeks-methode.** (fig. 74 en 75).

Men verenigt de punten tot een veelhoek, waarna men dit veelhoeks-

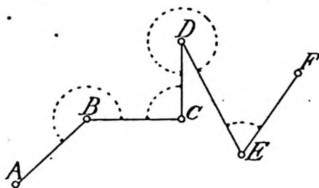


Fig. 74.

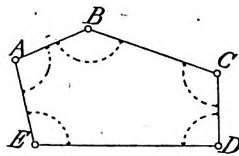


Fig. 75.

net opmeet door alle zijden en hoeken te meten. De veelhoek kan open (fig. 74) of gesloten (fig. 75) zijn.

c. **Coördinaten-methode.** (fig. 76).

Deze methode is reeds vroeger behandeld.

Men neemt een meetlijn P Q aan, en laat uit de punten A, B, C, D, enz. loodlijnen op de meetlijn neer. Door nu de lengte der loodlijnen,

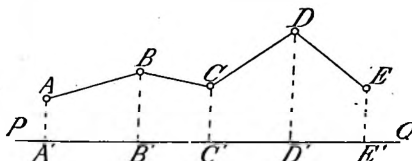


Fig. 76.

benevens de lengte der stukken, waarin de lijn P Q verdeeld wordt, te meten, is de ligging der punten A, B, C, D, enz. bepaald.

d. **Voerstraal-methode.** (fig. 77).

Bij de voerstraal-methode bepaalt men de ligging der punten A, B, C, D, enz., door uit een bepaald punt M de hoeken a, a', a'', enz. te meten, die de richtingen M A, M B, M C enz. maken met een vaste lijn M P. Door het daarna meten der lijnen M A, M B, M C, enz., die

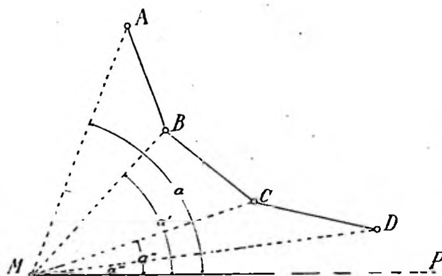


Fig. 77.

de naam van voerstralen dragen, is wederom de plaats der punten A, B, C, enz. bepaald.

e. **Basis-methode.** (fig. 78).

Men neemt een bepaalde lijn P Q aan, zodanig gekozen, dat zowel uit P, als uit Q alle op te nemen punten zichtbaar zijn. De lijn P Q wordt nauwkeurig gemeten.

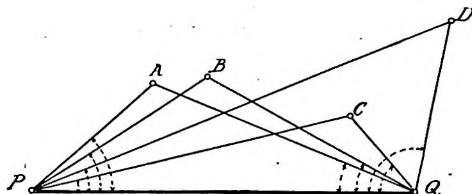


Fig. 78.

Door het meten der hoeken Q P A, Q P B, Q P D, enz. en P Q A, P Q B, P Q D enz. kan men ook op deze wijze de ligging der punten A, B, D, enz. bepalen.

§ 115. **Keuze der methode.**

Thans rijst de vraag, in welke gevallen men van een der genoemde methoden gebruik maakt.

a. De driehoeksmethode is, zoals gemakkelijk is in te zien, niet geschikt voor het verrichten der détailmeting, daarentegen aangewezen voor de opmeting van het net; voor de détailmeting komt toch in hoofdzaak in aanmerking de coördinaten-methode. De détailmeting moet in de eerste plaats eenvoudig zijn uit te voeren, waarom dan ook van de eenvoudigste werktuigen wordt gebruik gemaakt.

b. Ook de veelhoeks-methode is een aangewezen methode voor de opmeting van het net. Zo worden open veelhoeken veelvoudig toegepast als completering van een driehoeksnet ter verkrijging van de nodige meetlijnen voor de detail-meting. Gesloten veelhoeken worden meermalen toegepast, wanneer het vormen van een driehoeksnet op grote moeilijkheden zou stuiten. (Slecht zicht ten gevolge van boomgroei enz.).

c. De coördinaten-methode is de meest gebruikelijke bij de détailmetingen.

d. De voerstraal-methode wordt in hoofdzaak toegepast bij de tachymetrische opnamen, waar zij, om zo te zeggen, de enige manier is om een terrein vlug op te meten. Voor de opmeting van een net is ze ongeschikt.

e. De basis-methode leent zich evenmin tot opmeting van het net. Zij wordt zelden toegepast, hoewel in bijzondere gevallen de methode practisch veel gemak verschaft. Zo'n geval kan zich o.a. voordoen bij het opnemen van enige ontoegankelijke punten.

Zo blijkt dus, dat in 't algemeen voor de opmeting van het net de twee eerstgenoemde methoden in aanmerking komen, terwijl de andere meer of minder geschikt zijn voor de détailmeting.

§ 116. **Wijze, waarop de punten van het net in tekening worden gebracht.**

De meest eenvoudige wijze, volgens welke de opmeting in tekening wordt gebracht, is wel die, waarbij de gemeten afstanden en hoeken met behulp van schaalliniaal en gradenboog direct op het papier worden overgebracht. Dit is echter niet steeds de meest juiste.

Gesteld, men wenst het driehoeksnet in fig. 73 op deze wijze in tekening te brengen. Men begint daartoe de basis A G uit te zetten, benevens de hoeken aan de basis. De driehoek A H B wordt vervolgens opgebouwd met behulp van de zijde A H, en zo voortgaande construeert men elke driehoek, uitgaande van een vorige. Men ziet gemakkelijk in, dat op deze wijze zeer spoedig zich fouten opstapelen, zodat op de laatst bepaalde driehoekspunten niet meer voldoende kan vertrouwd worden.

Er wordt daarom in zo'n geval gebruik gemaakt van een methode, waarbij de punten van het net berekend worden in **coördinaten**, volgens welke dan elk punt op zich zelf kan geconstrueerd worden, zonder dat een ophoping van fouten te vrezen valt.

Bij de détailmeting echter, waar men vaak een groot aantal getallen ontmoet, is deze methode, die vrij grote berekeningen vergt, niet toe te passen, hetgeen ook niet nodig is, daar de hoofdpunten van het net juist zijn bepaald.

§ 117. **Plaatsbepaling van punten met behulp van coördinaten.**

Ter bepaling van de punten van een driehoeks- of veelhoeksnet, maakt men bij het landmeten gebruik van het rechthoekige coördinatenstelsel.

Voor de richting van de hoofdassen kiest men dan gewoonlijk de lijn Noord-Zuid, welke **ordinaten-as** of Y-as, en loodrecht hierop een lijn, welke **abscissen-as** of X-as genoemd wordt. Het snijpunt der beide assen wordt **coördinaten-nulpunt** of **oorsprong** genoemd.

Het vlak van tekening wordt dus door deze hoofdassen in vier delen verdeeld, welke men **kwadranten** noemt, en welke nader worden aangeduid met de benamingen 1e, 2e, 3e en 4e kwadrant.

Het 1e kwadrant is gelegen noordelijk van de X-as en oostelijk van de Y-as, het 2e zuidelijk van de X-as en oostelijk van de Y-as, het 3e zuidelijk van de X-as en westelijk van de Y-as en het 4e noordelijk van de X-as en westelijk van de Y-as.

Met behulp van deze twee coördinaten-assen is men in staat de ligging van een punt volkomen te bepalen.

Zo is in fig. 79 de ligging van P bepaald, indien men kent den afstand van P A=B O en den afstand P B=O A. Bovendien moet men weten in welk kwadrant P ligt.

Deze afstanden noemt men de **coördinaten** van het punt P. De **abcis** van P is O A, terwijl O B de **ordinaat** is van P. Kortweg worden ze de X en de Y van P genoemd.

Om te weten, in welk kwadrant P is gelegen, is nog een nadere aanduiding nodig. Daartoe is men overeengekomen, om abscissen, welke

oostelijk van de Y-as zijn gelegen, positief te noemen, terwijl alle abscissen, westelijk van de Y-as, negatief worden genoemd.

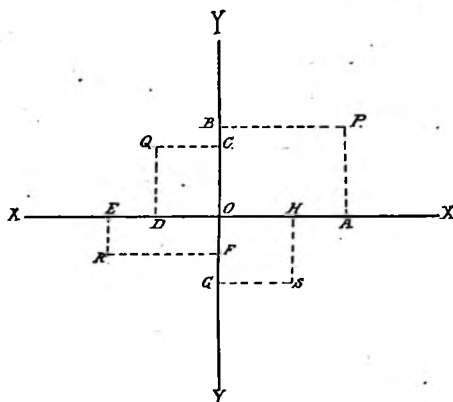


Fig. 79.

Evenzo noemt men alle ordinaten, ten noorden van de X-as, positief, en alle ordinaten, ten zuiden van de X-as, negatief.

In fig. 79 drukt men de ligging der punten P, S, R en Q aldus uit:

	X	Y	
P	+ O A	+ O B	(1e kwadrant)
S	+ O H	− O G	(2e „)
R	− O E	− O F	(3e „)
Q	− O D	+ O C	(4e „)

Wanneer dus een punt gegeven is in de volgende coördinaten:

X Y

−318.62 + 44.15, dan weet men, dat het punt is gelegen in het vierde kwadrant.

Voor het in tekening brengen van een lijn moet men de coördinaten der eindpunten kennen, om de lijn te kunnen construeren.

§ 118. Coördinatenberekening.

Ter berekening van de coördinaten der punten van de veelhoek A B C D enz. in fig. 80 in de veronderstelling, dat de coördinaten van A zijn gegeven, terwijl men verder door meting heeft bepaald:

1e. De hoeken b, c, d, enz.;

2e. De lengte der zijden A B, B C, C D, enz.;

3e. De hoek a, zijnde de hoek die A B met de Y-as maakt, en die dus het azimuth voorstelt, gaat men als volgt te werk:

Eerst worden de azimuths der zijden B C, C D enz. berekend.

Het azimuth van B C wordt gevonden, door hoek b te vermeerderen met het azimuth van A B, en daarna deze som te verminderen of te vermeerderen met 180°.

Verlengt men nl. in fig. 80 de zijde A B, en trekt men in B de lijn B Q evenwijdig aan de Y-as, dan is de hoek Q B C het azimuth der lijn B C.

Nu is: $\angle QBC = \angle QBP + \angle PBC$ of

$$\angle QBC = \angle a + (\angle b - 180^\circ) =$$
$$= a + b - 180^\circ.$$

Op dezelfde wijze vindt men voor het azimuth van C D : c + azimuth B C — 180° enz.

Bij deze azimuth-berekening kan het voorkomen, dat de som van a en

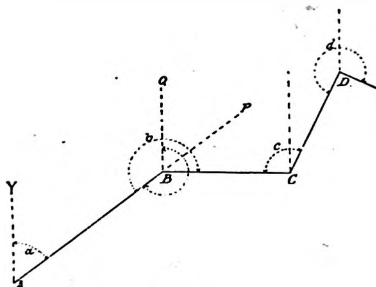


Fig. 80.

b kleiner is dan 180°. In dit geval vermeerdert men a + b met 360° en trekt daarna 180° af, of wat op hetzelfde neerkomt, men vermeerdert a + b met 180°.

§ 119. Men lette bij deze azimuth-berekening zorgvuldig op de juiste richting, waarin de berekening plaats vindt.

Bij de hier aangegeven wijze is de richting gekozen, in welke zich de wijzers van een uurwerk bewegen. Laat men nl. in fig. 80 de lijn A Y draaien in die richting, totdat ze samenvalt met A B, dan heeft die lijn de hoek a, dat is het azimuth van A B, doorlopen.

Laat men echter in B de lijn B Q draaien, tot ze met B A samenvalt, dan wordt de hoek Q B A doorlopen, welke 180° groter is dan het eerstgenoemde azimuth.

Ten einde verwarring te voorkomen, duidt men het azimuth van A B, wanneer dit doorlopen wordt in de richting, zoals is aangenomen, aan door het teken (A B), terwijl het andere azimuth, hetwelk 180° verschilt met het eerstgenoemde, wordt aangeduid met (B A). Deze aanduiding heeft op dezelfde wijze plaats, als bij de boussole is aangegeven.

Evenzo worden ook de hoeken gemeten, door de lijn, van waaruit men begint te meten, in positieve richting te laten draaien, totdat ze met de andere lijn samenvalt. In de figuur zijn deze hoeken met cirkelboogjes aangeduid.

§ 120. Nu men dus van alle zijden van de veelhoek de azimuths kent, is het mogelijk om elk punt in coördinaten te berekenen.

In fig. 81 is nl.: A T = A B sin a en
A O = A B cos a.

Neemt men aan, dat het punt A samenvalt met het coördinaten-nulpunt, dan kan B dus bepaald worden.

Ten opzichte van B vindt men C, door te berekenen T V en O U.

T V = B C sin b; O U = B C cos b.

Op gelijke wijze vindt men D, nl.:

V S = C D sin c; P U = C D cos c.

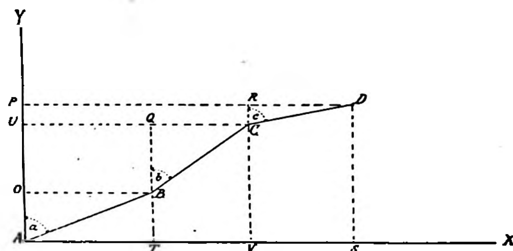


Fig. 81.

Men heeft hierin een goede manier om de punten B, C, D, enz. te construeren, zonder vrees te koesteren voor een opstapeling van fouten.

Wenst men nl. het punt D te construeren, dan moeten dus de afstanden A S en A P bekend zijn.

Nu is:

A S = A T + T V + V S en
A P = A O + O U + U P.

De afstanden A T, T V, V S, enz. duidt men aan met de naam van **abscissenverschillen**, en de afstanden A O, O U, U P enz. met de naam van **ordinaten-verschillen**.

Bij de uitvoering der berekeningen lette men steeds goed op de tekens dezer abscissen- en ordinaten-verschillen, welke verband houden met de grootte der azimuths. Men heeft nl.:

voor azimuths van 0°— 90° is de sin + en de cos +
voor azimuths van 90°—180° is de sin + en de cos —
voor azimuths van 180°—270° is de sin — en de cos —
voor azimuths van 270°—360° is de sin — en de cos +

§ 121. Het in tekening brengen der punten, volgens de gevonden coördinaten, geschiedt met behulp van een zogenaamd ruitennet, hetwelk eerst op het tekenpapier wordt geconstrueerd. Dit construeren is een zeer nauwkeurige arbeid, welke op de volgende wijze kan worden verricht (zie fig. 82).

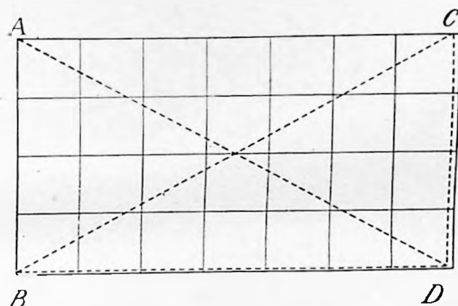


Fig. 82.

Men trekt op het tekenpapier twee diagonalen, welke in hoofdzaak het toekomstige net bepalen. Met behulp van een stokpasser trekt men vanuit het snijpunt der diagonalen cirkelboogjes, die de diagonalen snijden. De vier snijpunten geven dan de vier hoekpunten van een rechthoek A C D B.

Uit A zet men vervolgens op A C de afstanden van het ruitennet uit, b.v. met zijden van 10 cm en hetzelfde geschiedt uit B op de lijn B D. De punten worden verbonden.

Nu zet men van A uit en uit C wederom de afstanden van 10 cm uit op de lijnen A B en C D; de aldus verkregen punten worden op overeenkomstige wijze met elkaar verbonden.

Nadat het ruitennet is getekend, worden de verschillende berekende

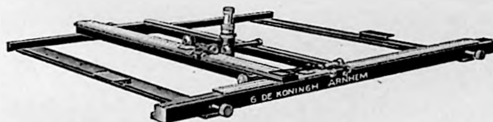


Fig. 83.

punten volgens hun coördinaten uitgezet. Onnodig te zeggen dat dit zeer nauwkeurig moet geschieden en daarom maakt men dikwijls daarbij gebruik van, speciaal voor dit doel vervaardigde, instrumenten, **coördinatografen** genoemd.

In fig. 83 is een dergelijk instrument afgebeeld. Het bestaat uit een rechthoekig metalen raamwerk, waarbij langs de langste zijde een arm

rechthoekig kan worden verschoven en op elke gewilde afstand door middel van een nonius worden ingesteld.

Op deze arm is weder verschuifbaar aangebracht een slede voorzien van een nonius en een verende stift, waarmede de ingestelde punten op het papier worden overgebracht.

§ 122. **Berekening van lengte en azimuth ener lijn uit de coördinaten der eindpunten.**

In fig. 84 zijn gegeven de coördinaten der punten A en B.

De coördinaten van A zullen worden aangeduid met X_A en Y_A en die van B met X_B en Y_B.

Er wordt gevraagd het azimuth van A B, benevens de lengte van A B.

Voor het azimuth van A B vindt men:

$$\text{tg}\,(A\,B) = \frac{\sin\,(A\,B)}{\cos\,(A\,B)} = \frac{B\,C}{A\,C} = \frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A}.$$

Welke waarde men nu voor tg (A B) moet nemen, hangt af van de

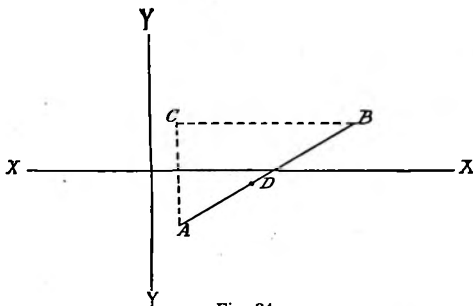


Fig. 84.

tekens van B C en A C. Zoals hierboven is aangegeven, zouden twee waarden voldoen voor tg (A B), die 180° met elkaar verschillen.

Men heeft voor de tangens:

in het 1e kwadrant $\frac{\sin +}{\cos +}$	in het 3e kwadrant $\frac{\sin -}{\cos -}$
in het 2e kwadrant $\frac{\sin +}{\cos -}$	in het 4e kwadrant $\frac{\sin -}{\cos +}$

Is nu in fig. 84 gegeven:

	X	Y
A	+ 68.1	− 144.8
B	+ 470.2	+ 109.8

$$\text{dan is tg}\,(A\,B) = \frac{470.2 - 68.1}{109.8 + 144.8} = \frac{+\,402.1}{+\,254.6}$$

waaruit blijkt, dat (A B) in het eerste kwadrant is gelegen en dus kleiner is dan 90°.

Heeft men het azimuth gevonden, dan is de lengte van A B te berekenen met behulp van de formules:

$$A\,B = \frac{X_B - X_A}{\sin (A\,B)} \text{ en } A\,B = \frac{Y_B - Y_A}{\cos (A\,B)}.$$

Door beide formules toe te passen, heeft men hierin tevens een contrôle op de berekening.

De berekeningen uitvoerende, verkrijgt men het volgende resultaat:

a. Berekening van het azimuth:

$$\begin{aligned} \log 402.1 &= 2.60433 \\ \log 254.6 &= 2.40586 \\ \hline \log tg\,(A\,B) &= 0.19847 \\ (A\,B) &= 57^\circ . 39' . 32''. \end{aligned}$$

b. Berekening der zijde A B:

$$A\,B = \frac{470.2 - 68.1}{\sin (A\,B)} = \frac{402.1}{\sin 57^\circ\, 39'\, 32''}$$

$$\begin{aligned} \log 402.1 &= 2.60433 \\ \log \sin 57^\circ\, 39'\, 32'' &= 9.92679 \\ \hline \log A\,B &= 2.67754 \\ A\,B &= 475.92 \end{aligned}$$

Contrôle:

$$A\,B = \frac{109.8 + 144.8}{\cos (A\,B)} = \frac{254.6}{\cos 57^\circ\, 39'\, 32''}$$

$$\begin{aligned} \log 254.6 &= 2.40586 \\ \log \cos 57^\circ\, 39'\, 32'' &= 9.72832 \\ \hline \log A\,B &= 2.67754 \\ A\,B &= 475.92 \end{aligned}$$

§ 123. Een ander vraagstuk, hetwelk dikwijls voorkomt bij het berekenen van coördinaten, komt neer op het volgende (fig. 84):

Gesteld, dat de lijn A B een zijde uitmaakt van een driehoeksnet, terwijl het punt D het eindpunt is van een meetlijn, die aansluit op de driehoekszijde A B. De plaats van het punt D is door lengtemeting bepaald in A B en bedraagt 187 m.

Men vraagt de ligging van het punt D in coördinaten:

Oplossing: De lijn A D valt gedeeltelijk samen met A B, zodat (A D) = (A B) = 57° 39′ 32″.

Het abscissen-verschil tussen A en D bedraagt:

187 × sin 57° 39′ 32″, terwijl het ordinaten-verschil tussen A en D bedraagt: 187 × cos 57° 39′ 32″.

Men vindt dus:

$$
\begin{aligned}
\log 187 &= 2.27184 \\
\log \sin 57^\circ\,39'\,32'' &= 9.92679 \\
\hline
\log \text{abscissenverschil} &= 2.19863 \\
\text{Abscissenverschil} &= \quad 157.99 \\
\log 187 &= 2.27184 \\
\log \cos 57^\circ\,39'\,32'' &= 9.72832 \\
\hline
\log \text{ordinatenverschil} &= 2.00016 \\
\text{Ordinatenverschil} &= 100.04
\end{aligned}
$$

Voor de coördinaten van het punt D wordt gevonden:

X	Y
$\underset{X_A}{\underline{\underline{+\,68.1}}} + 157.99 = +\,\mathbf{226.09}$	$\underset{Y_A}{\underline{\underline{-\,144.8}}} + 100.04 = -\,\mathbf{44.76}$

Op welke wijze de coördinaten-berekening wordt ingeschakeld bij het verrichten ener grotere meting, zal in het volgende worden besproken. Ten einde de berekeningen zo overzichtelijk mogelijk te maken, waardoor het begaan van fouten wordt tegengegaan, worden die berekeningen het gemakkelijkst met behulp van staten verricht.

HOOFDSTUK VIII.

Driehoeksmeting.

§ 124. Bij de opmeting van een groot terrein, bijv. een gehele provincie of een geheel land, begint men met het uitspreiden van een net, dat uit een zo klein mogelijk aantal driehoeken bestaat. Aan de driehoekspunten van dit eerste net worden vervolgens weer andere punten door hoekmeting vastgelegd, zodat men een stelsel van nauwkeurig bepaalde punten verkrijgt.

Zo is door de „Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing" voor de opmeting van ons land een net van grote driehoeken (eerste of primair net) gelegd, van welke driehoeken de zijden een lengte hebben van 20 tot 50 km. De driehoekspunten worden meestal gevormd door spitsen van kerktorens of anders door speciaal daarvoor gebouwde „signalen" of „pijlers".

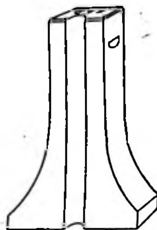
In aansluiting aan de punten van dit net zijn verder zo goed als alle kerktorens of daarvoor in aanmerking komende hoog gelegen punten in ons land door hoekmeting vastgelegd en in coördinaten berekend.

Voor het coördinaten-nulpunt is gekozen de stang onder de windvaan van de Lieve Vrouwe toren te Amersfoort.

Deze metingen behoren echter niet tot het gebied der lagere landmeetkunde, waarom hierover niet verder zal worden uitgewijd.

De uitkomsten van de metingen zijn vastgelegd in een boekwerk, ge-

titeld: „Rijksdriehoeksmeting 1885—1928, Rechthoekige coördinaten der Nederlandse hoekpunten. Uitgave van de Rijks-commissie voor graadmeting en waterpassing."



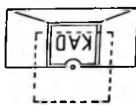


Fig. 85.

Met behulp van deze primaire en secundaire punten is het thans mogelijk door hoekmeting weer andere punten in een op te meten terrein te bepalen door toepassing van het theorema van Snellius. Die aldus bepaalde punten vormen dan de grondslag voor de détailmeting van het terrein. Zo worden o.a. door de kadastrale dienst jaarlijks een groot aantal punten bepaald en elk aldus bepaald punt past in het coördinatensysteem van ons land.

De door het Kadaster bepaalde punten worden op de volgende wijze verzekerd:

Het punt wordt ondergronds verzekerd door een tegel met een kleine cirkelvormige opening in het midden. Deze kleine opening geeft het eigenlijke punt aan.

De tegel wordt ongeveer een halve meter onder het maaiveld gelegd en ongeveer 5 cm boven de tegel wordt een betonpaal geplaatst, als in figuur 85 is aangegeven.

De kop van de paal met de ingelaten letters KAD komt dus ongeveer ter hoogte van het terrein; de halfcirkelvormige groef is uitgespaard om daarin een jalon te plaatsen, juist boven het punt in de tegel.

Bij uitvoering van werken zorge men deze KADstenen niet te verstoren; moeten ze worden verplaatst, dan richte men zich tot de kadastrale dienst.

Intussen kunnen zich gevallen voordoen, waarbij om een of andere reden een opmeting van een terrein moet geschieden, zonder dat kan worden gesteund op een stelsel van punten als hiervoren werd beschreven.

In het volgende zal daarom worden nagegaan op welke wijze een primair driehoeksnet kan worden opgemeten en in coördinaten berekend.

§ 125. Vorm van het net.

Het net bestaat uit een aaneenschakeling van driehoeken, die zich over het gehele op te meten terrein uitspreiden en welke driehoeken elkaar niet bedekken. De grootte van die driehoeken wordt meestal bepaald door de indeling van het terrein. In 't algemeen zou men kunnen zeggen: hoe meer détails het terrein vertoont, hoe kleiner de driehoeken kunnen zijn, terwijl men bij grote terreinen, die weinig afwisseling vertonen, die driehoeken liefst zo groot mogelijk maakt. De lengte der driehoekszijden bedraagt gewoonlijk 300 à 500 m en meer.

De driehoeken moeten bij voorkeur zoveel mogelijk gelijkzijdig zijn, ten einde de meest nauwkeurige resultaten der meting te verkrijgen. Hoeken, welke kleiner zijn dan 30° moeten zo enigszins mogelijk vermeden worden, aangezien hierdoor betrekkelijk grote fouten in de berekening der zijden kunnen voorkomen.

§ 126. Opmeting van het net.

De opmeting van het driehoeksnet in fig. 86 strekt zich uit over het meten van alle hoeken en van één basis.

Vertoont het terrein een langgestrekte vorm, b.v. het stroomdal van een rivier, dan verkrijgt het driehoeksnet een vorm als is weergegeven in fig. 87. Ook hier worden weer alle hoeken gemeten, maar bovendien de beide bases A B en C D.

§ 127. Basismeting.

Aangezien men bij het berekenen van de zijden van het net in fig. 86 uitgaat van één basis, zo is het van het allergrootste gewicht, dat die basis zeer nauwkeurig wordt gemeten. Daarom kiest men haar bij voorkeur daar, waar het terrein een vlakke ligging vertoont, terwijl men liefst bij de vaststelling van het net erop bedacht is, om de basis te laten samenvallen met een driehoekszijde. Kan dit om de een of andere reden niet plaats

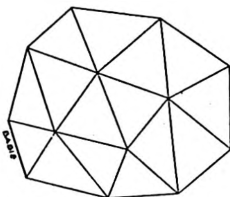


Fig. 86.

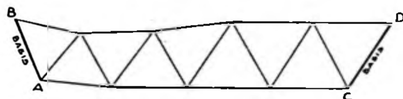


Fig. 87.

vinden, dan kiest men een geschikt terrein voor het meten van een basis, die dan weer door hoekmeting aan het net verbonden wordt. (zie § 133).

De eigenlijke meting vindt plaats met behulp van meetlatten of met een meetband, waarmede men de lengte **minstens tweemaal zeer nauwkeurig meet.** Het gemiddelde der verschillende metingen neemt men als definitieve waarde aan.

Is het terrein, waar de basis gemeten wordt, niet horizontaal, doch overigens vlak, dan bepaalt men het hoogteverschil der uiteinden van de basis en berekent vervolgens de lengte, herleid tot de horizont.

§ 128. Hoekmeting.

De hoekpunten van het driehoeksnet worden met behulp van jalons of vlaggebaken aangeduid, waarna de hoekmeting plaats vindt.

Aangezien het wenselijk is, dat de driehoekspunten later gemakkelijk kunnen worden teruggevonden, (zoals bij de détailmetingen) zo worden deze doorgaans onder de grond verzekerd, met behulp van draineerbuizen. Daartoe plaatst men op enige diepte, zodanig dat de cultuur niet geschaad wordt, een dergelijke buis loodrecht in de grond. Het midden van de opening geeft de plaats aan van het driehoekspunt.

Men zorge verder van deze verzekering een duidelijke beschrijving en situatie-tekening te maken, opdat later het punt steeds gemakkelijk kan worden teruggevonden. De ondergrondse verzekering der driehoekspunten heeft plaats vóór de hoekmeting. Is de draineerbuis geplaatst, dan kan door de opening later de baak of jalon gestoken worden. Na afloop der meting wordt de buis met een baksteen afgedekt en het gat weder met aarde aangevuld.

In elk hoekpunt worden alle richtingen, samenkomende in dat punt, gemeten; zowel in de gewone, als in de doorgeslagen stand van de kijker, indien althans van een theodoliet met doorslaande kijker wordt gebruik gemaakt.

Het slechts éénmaal meten van elke richting is in 't algemeen niet voldoende, waarom men bij een volgende meting de rand een bepaalde hoek verzet. (Reïteratie-methode).

Ten einde fouten te voorkomen, tengevolge van een niet loodrechte stand der baken, wordt steeds zoveel mogelijk op de voet der baken gericht.

De volgorde der metingen blijkt uit formulier I, welk een gedeelte van een register van hoekmetingen voorstelt.

§ 129. Centreren van hoeken.

Soms doet zich bij een driehoeksmeting het geval voor, dat het instrument niet kan worden opgesteld boven het hoekpunt. Zulks kan b.v. voorkomen, indien een toren of een ander bouwwerk in het driehoeksnet wordt opgenomen. Toch moet men in zo'n geval de hoeken kennen, die in het hoekpunt samenkomen, en men verricht de metingen dan op de volgende wijze: (zie fig. 88). Zij A het ontoegankelijke hoekpunt, dan stelt men in het punt A', hetwelk op een geringe afstand van A is verwijderd, het instrument op en meet hier de richtingen A' A, A' B, A' C en A' D.

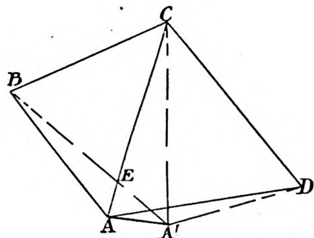


Fig. 88.

Door directe lengte-meting wordt zo mogelijk de afstand A A' bepaald. Kan dit niet, dan moet door een afzonderlijke meting die afstand worden berekend.

De driehoeken B A E en A' C E hebben dezelfde buitenhoek B E C waaruit volgt:

$$\angle BEC = \angle BAC + \angle ABA' = \angle BA'C + \angle A'CA$$

of

$$\angle BAC = \angle BA'C + \angle A'CA - \angle ABA'. \qquad (1)$$

Op overeenkomstige wijze vindt men:

$$\angle CAD = \angle ADA' + \angle CA'D - \angle ACA' \qquad (2)$$

Verder is in △ △ A B A′ en A A′ C:

sin A B A′ : A A′ = sin A A′ B : A B, of sin A B A′ = $\frac{A'A}{AB}$ sin A A′ B,
en sin A C A′ : A A′ = sin A A′ C : A C,

of sin A C A′ = $\frac{A'A}{AC}$ sin A A′ C.

Daar nu verder de hoeken A B A′ en A C A′ zeer klein zijn, mag men de sinussen dier hoeken door hun bogen vervangen, waardoor de waarde van A B A′ en van A C A′ wordt in secunden:

$$A B A' = \frac{A'A}{AB} \sin A A' B \times 206265''$$

$$\text{en } A C A' = \frac{A'A}{AC} \sin A A' C \times 206265''.$$

Door nu deze waarden voor A B A′ en A C A′ te substitueren in formule (1) en (2) vindt men:

$$\angle B A C = \angle B A' C + \frac{A'A}{AC} \sin A A' C \times 206265'' -$$

$$- \frac{A'A}{AB} \sin A A' B \times 206265''.$$

Evenzo vindt men voor hoek C A D in formule (2):

$$\angle C A D = \angle C A' D + \frac{A'A}{AD} \sin A A' D \times 206265'' -$$

$$- \frac{A'A}{AD} \sin A A' C \times 206265''.$$

De onbekenden in deze vergelijkingen zijn thans nog de zijden A B, A C en A D. Voor de berekening echter der correcties kan men volstaan met het nemen der benaderde waarden dier zijden. Men berekent dus die zijden eerst met behulp der ongecorrigeerde hoeken van het driehoeksnet. Voor het berekenen der correcties toch maakt een gering verschil van enige meters in de werkelijke en de benaderde lengte der driehoekszijden weinig uit voor de aan te brengen hoekcorrecties, zoals gemakkelijk valt in te zien.

§ 130. Contrôle.

Hoewel het strikt genomen niet nodig is, dat in elke driehoek de drie hoeken gemeten worden, zo zal men zulks toch nooit, ter wille van de contrôle, nalaten.

De eisen, waaraan het net bij de berekening moet voldoen, zijn de volgende (zie fig. 89):

1°. De som der hoeken in elke driehoek moet 180° zijn.

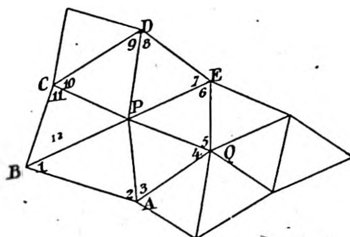


Fig. 89.

2°. De som der hoeken om een **centraal punt** (dit zijn de punten P en Q in fig. 89) moet 360° zijn.

3°. In de driehoeken, met een centraal punt tot gemeenschappelijk toppunt, moet het product der sinussen van de links gelegen basishoeken gelijk zijn aan het product der sinussen der rechts gelegen basishoeken.

4°. Uitgaande van de gemeten basis worden achtereenvolgens alle driehoekszijden berekend, waarna men ten slotte weer dezelfde uitkomst moet verkrijgen als de lengte van de gemeten basis bedraagt.

De eerste voorwaarde zal geen nader betoog behoeven, evenmin als de tweede.

De derde voorwaarde wordt gewoonlijk, ter wille ener gemakkelijke berekening, als volgt aangeduid:

som logarithmen sinussen links gelegen basishoeken =
= „ „ „ rechts „ „

In fig. 89, waar de basishoeken om het centrale punt P met behulp van cijfers zijn aangegeven, is nl.:

$$\frac{\sin 1}{AP} = \frac{\sin 2}{BP} \cdot \frac{\sin 3}{PQ} = \frac{\sin 4}{AP} \cdot \frac{\sin 5}{PE} = \frac{\sin 6}{PQ} \cdot$$

$$\frac{\sin 7}{PD} = \frac{\sin 8}{PE} \cdot \frac{\sin 9}{PC} = \frac{\sin 10}{PD} \cdot \frac{\sin 11}{BP} = \frac{\sin 12}{PC} \cdot$$

Door vermenigvuldiging van alle leden der vergelijkingen vindt men:

$$\frac{\sin 1 \times \sin 3 \times \sin 5 \times \sin 7 \times \sin 9 \times \sin 11}{AP \times PQ \times PE \times PD \times PC \times BP} =$$

$$= \frac{\sin 2 \times \sin 4 \times \sin 6 \times \sin 8 \times \sin 10 \times \sin 12}{BP \times AP \times PQ \times PE \times PD \times PC} \text{ of}$$

$$\sin 1 \times \sin 3 \times \sin 5 \times \sin 7 \times \sin 9 \times \sin 11 =$$
$$= \sin 2 \times \sin 4 \times \sin 6 \times \sin 8 \times \sin 10 \times \sin 12,$$

en dus ook:

$$\log \sin 1 + \log \sin 3 + \log \sin 5 + \log \sin 7 + \log \sin 9 + \log \sin 11 =$$
$$= \log \sin 2 + \log \sin 4 + \log \sin 6 + \log \sin 8 + \log \sin 10 + \log \sin 12.$$

De vierde voorwaarde heeft uitsluitend betrekking op de berekening.

§ 131. Voorbeeld van een primair driehoeksnet. Fig. 90.

Op welke wijze de opmeting, de berekening, zomede de vereffening der fouten bij een driehoeksmeting plaats vindt, is weergegeven in de formulieren I—IV, welke betrekking hebben op fig. 90.

Hier dient het volgende opgemerkt te worden:

In het **register van hoekmetingen** treft men in de laatste kolom aan de gemeten hoeken, welke dus nog niet in 't algemeen voldoen aan de gestelde voorwaarden.

Het **register van vereffening der hoeken** (formulier II) is als volgt ingericht:

In de eerste plaats worden in elke driehoek de drie hoeken vereffend,

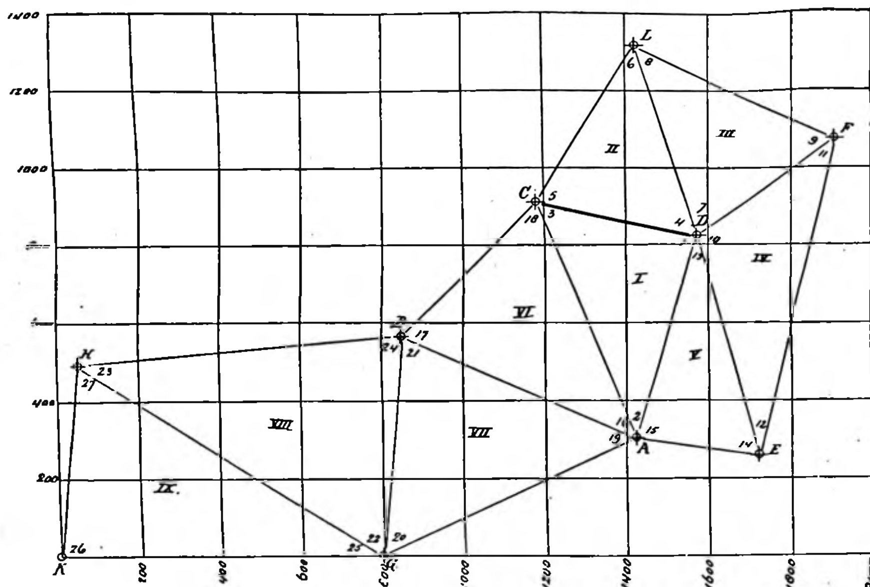


Fig. 90.

door het aanbrengen van gelijke correcties voor elke hoek. Men noemt deze correctie de **driehoekscorrectie**. Vervolgens worden de driehoeken beschouwd, welke om een centraal punt zijn gelegen. De hoeken om het centrale punt behoren 360° te zijn, doch in 't algemeen zullen zij niet aan deze voorwaarde voldoen. Daarom wordt aan elk dezer hoeken een even grote correctie, de **tour-correctie** aangebracht, waardoor de som der hoeken juist 360° wordt.

Door deze correctie evenwel is de som der hoeken van de driehoeken om het centrale punt niet meer gelijk aan 180°. Ten einde nu weer aan deze voorwaarde te voldoen, wordt aan elk der basishoeken een even grote correctie aangebracht, zodanig, dat de som der beide correcties gelijk is aan de tour-correctie, doch met tegengesteld teken.

De driehoeken voldoen thans aan de voorwaarden, dat:

1°. de som der hoeken in elke driehoek = 180° is;

2°. de som de hoeken om het centrale punt = 360° is.

Beschouwt men thans verder formulier II, dan ziet men, dat voor de zogenaamde **sinus-correctie** de logarithmen der sinussen der links en rechts gelegen basishoeken zijn samengeteld, terwijl men, tegelijk met het opzoeken dier logarithmen, ook de aangroeiingen der log sinussen

Register van hoekmeting.

Formulier I.

Standplaats	Kijkerstand	Voorwerp	Aflezing Nonius I	Aflezing Nonius II	Gemiddelde der Noniën	Gemiddelde der Richtingen	Georiënteerde Richtingen	Gemiddelde georiënteerde Richtingen	Nummers	Waargenomen hoeken
			° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "		° ' "
K	RR	H	139 59 20	59 10	139 59 15	139 59 12	0 0 0	0 0 0		
		G	224 11 0	10 30	224 10 45	224 10 45	84 11 33	84 11 40	26	84 11 40
	RL	G	44 10 30	11 0	44 10 45					
		H	319 59 10	59 10	319 59 10					
		H	269 42 30	42 0	269 42 15	269 42 15	0 0 0			
		G	353 54 30	54 10	353 54 20	353 54 3	84 11 48			
	RR	G	173 54 0	53 30	173 53 45					
		H	89 42 10	42 20	89 42 15					
G		K	224 1 0	1 0	224 1 0	223 59 57	0 0 0	0 0 0		
		H	257 30 0	29 30	257 29 45	257 29 45	33 29 28	33 29 5	25	33 29 5
		B	318 58 10	58 0	318 58 5	318 58 30	94 58 33	94 58 26	22	61 29 21
		A	18 21 10	21 30	18 21 20	18 21 40	154 21 43	154 21 59	20	59 23 33
	RL	A	198 22 10	21 50	198 22 0					
		B	138 59 0	58 50	138 58 55					
		H	77 29 10	29 0	77 29 5					
		K	43 59 50	0 0	43 59 55					
		K	133 2 50	3 0	133 2 55	133 2 40	0 0 0			
		H	166 31 30	31 30	166 31 30	166 31 22	33 28 42			
		B	228 1 10	0 50	228 1 0	228 0 58	94 58 18			
		A	287 25 0	24 50	287 24 55	287 24 55	154 22 15			
	RR	A	107 25 0	24 50	107 24 55					
		B	48 1 0	0 50	48 0 55					
		H	346 31 30	31 0	346 31 15					
		K	313 2 40	2 10	313 2 25					
H		B	318 39 10	38 50	318 39 0	318 39 20	0 0 0	0 0 0		
		G	357 9 40	9 10	357 9 25	357 9 40	38 30 20	38 30 16	23	38 30 16
		K	59 29 30	29 10	59 29 20	59 29 38	100 50 18	100 50 15	27	62 19 59
	RL	K	239 30 10	29 40	239 29 55					
		G	177 10 0	9 50	177 9 55					
		B	138 39 50	39 30	138 39 40					
		B	32 4 50	5 20	32 5 5	32 4 58	0 0 0			
		G	70 35 10	35 40	70 35 25	70 35 10	38 30 12			
		K	132 55 10	55 10	132 55 10	132 55 10	100 50 12			
	RR	K	312 55 20	55 0	312 55 10					
		G	250 35 0	34 50	250 34 55					
		B	212 5 0	4 40	212 4 50					

Formulier II.

Register van ve

Driehoek	Hoek	Hoekpunt	Waargenomen hoeken	Driehoeks-correctie	Hoeken, na de Driehoek correctie	Tour-correctie	Hoeken, na de Tour-correctie	Sinus-correctie	Definitieve hoeken	Driehoek	Hoek
			° ′ ″		° ′ ″		° ′ ″		° ′ ″		
I	1	D	87 28 25	+ 8	87 28 23	−8	87 28 25		87 28 25	VI	16
	2	A	37 14 29	+ 8	37 14 37	+4	37 14 41	+8	37 14 49		17
	3	C	55 16 42	+ 8	55 16 50	+4	55 16 54	−8	55 16 46		18
			179 59 36		180		180		180		
II	4	D	60 19 25	+ 8	60 19 33	−8	60 19 25		60 19 25	VII	19
	5	C	72 24 7	+ 8	72 24 15	+4	72 24 19	+8	82 24 27		20
	6	L	47 16 4	+ 8	47 16 12	+4	47 16 16	−8	47 16 8		21
			179 59 36		180		180		180		
III	7	D	69 29 33	−10	69 29 23	−8	69 29 15		69 29 15	VIII	22
	8	L	46 31 55	−10	46 31 45	+4	46 31 49	+8	46 31 57		23
	9	F	63 59 2	−10	63 58 52	+4	63 58 56	−8	63 58 48		24
			180 30		180		180		180		
IV	10	D	112 34 47	+ 9	112 34 56	−8	112 34 48		112 34 48	IX	25
	11	F	39 58 27	+ 9	39 58 36	+4	39 58 40	+9	39 58 49		26
	12	E	27 26 19	+ 9	27 26 28	+4	27 26 32	−9	27 26 23		27
			179 59 33		180		180		180		
V	13	D	30 8 25	−11	30 8 14	−7	30 8 7		30 8 7		
	14	E	67 10 32	−11	67 10 21	+4	67 10 25	+9	67 10 34		
	15	A	82 41 37	−12	82 41 25	+3	82 41 28	−9	82 41 19		
			180 34		180		180		180		

LINKS GELEGEN BASISHOEKEN.

Hoek	Vóór de sinus-correctie	Log sinus	D voor 60″	Sinus-corr.	Na de sinus-correctie	Log sinus
	° ′ ″			″	° ′ ″	
3	55 16 54	9.91485	+ 9	− 8	55 16 46	9.91484
6	47 16 16	9.86603	+ 12	− 8	47 16 8	9.86602
9	63 58 56	9.95360	+ 6	− 8	63 58 48	9.95359
12	27 26 32	9.66356	+ 25	− 9	27 26 23	9.66352
15	82 41 28	9.99645	+ 2	− 9	82 41 19	9.99645
	276 40 6	9.39449	+ 54		276 39 24	9.39442
	263 19 54	9.39434				
	540	15				

Aan te brengen correctie $= \frac{15}{107} \times 60'' = 8.4''$.

effening der hoeken.

Hoekpunt	Waargenomen hoeken	Driehoekscorrectie	Hoeken, na de Driehoekcorrectie	Definitieve hoeken	Hoeken om het Centrale punt: Centraal punt	Driehoek	Hoek	Hoeken, voor de Tourcorrectie	Tourcorrectie	Hoeken, na de Tourcorrectie
	° ′ ″		° ′ ″	° ′ ″						
A	43 42 46	+ 7	43 42 53	43 42 53						
B	70 34 46	+ 7	70 34 53	70 34 53						
C	65 42 7	+ 7	65 42 14	65 42 14				° ′ ″		° ′ ″
	179 59 39		180	180	D	I	1	87 28 33	−8	87 28 25
						II	4	60 19 33	−8	60 19 25
A	50 5 28	+ 7	50 5 35	50 5 35		III	7	69 29 23	−8	69 29 15
G	59 23 33	+ 7	59 23 40	59 23 40		IV	10	112 34 56	−8	112 34 48
B	70 30 37	+ 8	70 30 45	70 30 45		V	13	30 8 14	−7	30 8 7
	179 59 38		180	180				360 39		360
G	61 29 21	+22	61 29 43	61 29 43						
H	38 30 16	+22	38 30 38	38 30 38						
B	79 59 16	+23	79 59 39	79 59 39						
	179 58 53		180	180						
G	33 29 5	−15	33 28 50	33 28 50						
K	84 11 40	−15	84 11 25	84 11 25						
H	62 19 59	−14	62 19 45	62 19 45						
	180 44		180	180						

RECHTS GELEGEN BASISHOEKEN

Hoek	Voor de sinus-correctie	Log sinus	D voor 60″	Sinus-corr.	Na de sinus-correctie	Log sinus
	° ′ ″			″	° ′ ″	
2	37 14 41	9.78192	+ 17	+ 8	37 14 49	9.78194
5	72 24 19	9.97919	+ 4	+ 8	72 24 27	9.97920
8	46 31 49	9.86078	+ 12	+ 8	46 31 57	9.86079
11	39 58 40	9.80787	+ 15	+ 9	39 58 49	9.80789
14	67 10 25	9.96458	+ 5	+ 9	67 10 34	9.96459
	263 19 54	9.39434	+ 53		263 20 36	9.39441
			+ 54		276 39 24	
			+107		540	

Formulier III.

Rondberekening van het Net.

Driehoek	Hoek	Hoekpunt	Definitieve hoeken	Log sinus	Log overstaande zijde	Lengte der zijde	Zijde
			° ′ ″				
II	4	D	60 19 25	9.93894	2.67378	471.82	CL
	5	C	72 24 27	9.97920	2.71404	517.66	DL
	6	L	47 16 8	9.86602	2.60086	398.90	DC
				2.73484			
III	7	D	69 29 15	9.97155	2.73200	539.51	LF
	8	L	46 31 57	9.86079	2.62124	418.06	DF
	9	F	63 58 48	9.95359	2.71404	517.66	DL
				2.76045			
IV	10	D	112 34 48	9.96536	2.92308	837.68	EF
	11	F	39 58 49	9.80789	2.76561	582.93	DE
	12	E	27 26 23	9.66352	2.62124	418.06	DF
				2.95772			
V	13	D	30 8 7	9.70075	2.46991	295.06	EA
	14	E	67 10 34	9.96459	2.73375	541.69	AD
	15	A	82 41 19	9.99645	2.76561	582.93	DE
				2.76916			
I	1	D	87 28 25	9.99958	2.81850	658.41	AC
	2	A	37 14 49	9.78194	2.60086	398.90	CD
	3	C	55 16 46	9.91484	2.73376	541.70	AD
				2.81892			
VI	16	A	43 42 53	9.83952	2.68345	482.44	BC
	17	B	70 34 53	9.97457	2.81850	658.41	AC
	18	C	65 42 14	9.95972	2.80365	636.29	BA
				2.84393			
VII	19	A	50 5 35	9.88484	2.75364	567.07	BG
	20	G	59 23 40	9.93485	2.80365	636.29	AB
	21	B	70 30 45	9.97438	2.84318	696.92	AG
				2.86880			
VIII	22	G	61 29 43	9.94388	2.90327	567.07	BG
	23	H	38 30 38	9.79425	2.75364	896.88	HG
	24	B	79 59 39	9.99334	2.95273	800.34	HB
				2.95939			
IX	25	G	33 28 50	9.74167	2.69664	497.32	HK
	26	K	84 11 25	9.99776	2.95273	896.88	HG
	27	H	62 19 45	9.94725	2.90222	798.40	KG
				2.95497			

Basismeting DC = 398.90 m
398.94
398.89
398.87

voor de hoeken heeft genoteerd. Bij deze aangroeiingen wordt opgemerkt, dat zij alle positief zijn voor hoeken, kleiner dan 90°, doch negatief voor hoeken, groter dan 90°.

Uit het voorgaande is reeds gebleken, dat de beide sommen der log sinussen aan elkaar gelijk moeten zijn. Daar dit nu in de regel niet volkomen het geval zal zijn, behoort wederom een correctie te worden aangebracht, waardoor aan de gestelde voorwaarden wordt voldaan. Men noemt deze correctie de **sinus-correctie** en zij wordt als volgt uitgevoerd.

Het verschil van de algebraïsche sommen der log sinussen wordt gedeeld door de totale algebraïsche som der aangroeiingen, en dit quotient vermenigvuldigd met het aantal secunden, waarvoor de aangroeiingen werden genoteerd. Men verkrijgt op deze wijze de correctie voor elke hoek in secunden.

Ter contrôle worden nogmaals de log sinussen der gecorrigeerde hoeken opgezocht en de sommen met elkaar vergeleken.

De correcties voor de links gelegen basishoeken zijn dus even groot als die voor de rechts gelegen basishoeken, doch verschillen alleen in teken met elkaar, waardoor toch de som der drie hoeken in elke driehoek 180° blijft.

In fig. 89, waar twee centrale punten voorkomen, nl. P en Q, worden eerst de driehoeken om het punt P vereffend, terwijl daarna die om het punt Q worden verbeterd, met dien verstande evenwel, dat de reeds verbeterde hoeken om het centraal punt P, alsmede de hoeken 3, 4, 5 en 6, definitief blijven vastgesteld. De correcties worden dus alleen verdeeld over die hoeken, welke nog niet verbeterd zijn.

Bij de **rondberekening van het net** gaat men uit van de gemeten basis, en berekent met behulp van de sinusregel achtereenvolgens alle zijden van het driehoeksnet, hetgeen men verricht door achtereenvolgens in elke driehoek de logarithme van de bekende zijde te verminderen met de log sinus van de overstaande hoek en dit verschil beurtelings op te tellen bij de logarithmen der sinussen der andere twee hoeken. Men verkrijgt daardoor de logarithmen der zijden. Dit verschil wordt genoteerd in formulier III in kolom 5. (Voor driehoek II is dit verschil 2.73484 enz.).

Nadat alle zijden van het net berekend zijn, en hierbij gebleken is, dat de laatst berekende waarde overeenstemt met de gemeten basis, wordt overgegaan tot de **coördinaten-berekening der driehoekspunten** (formulier IV).

Tot toelichting van dit formulier het volgende:

De omtrek van het net vormt een gesloten veelhoek, welks hoeken men vindt door samentelling der hoeken bij elk veelhoekspunt. De grootte dier hoeken wordt gevonden in formulier III. Men verkrijgt aldus de hoeken van de veelhoek, hier brekingshoeken genoemd, en zij worden genoteerd in kolom 2.

In kolom 3 worden de azimuths ingevuld. Als azimuth van K G werd aangenomen 90°; het azimuth van G A wordt dus

$$90° + 154°.22'.13'' - 180° = 64°.22'.13'' \text{ enz.}$$

Formulier IV.

Coördinaten-berekening.

Hoekpunt	Brekings-hoek	Azimuth α	Log sin α Log zijde Log cos α	Log absc. verschil Log ord. verschil	Abscissen verschil +	Abscissen verschil −	Ordinaten verschil +	Ordinaten verschil −	Coördinaten X	Coördinaten Y	Hoekpunt
	° ′ ″	° ′ ″									
K	84 11 25		0								
				2.90222	798.40				0	0	K
		90	2.90222								
				∞			0				
			∞								
G	154 22 13								+ 798.40	0	G
			9.95502								
				2.79820	628.34						
		64 22 13	2.84318								
				2.47922			301.45				
			9.63604								
A	213 44 36								+1426.74	+ 301.45	A
			9.99563								
				2.46554	292.11						
		98 6 49	2.46991								
				1.61955				41.64			
			9.14964								
E	94 36 57								+1718.85	+ 259.81	E
			9.34311								
				2,26619	184.58						
		12 43 46	2.92308								
				2.91228			817.10				
			9.98920								
F	103 57 37								+1903.43	+1076.91	F
			9.95107								
				2.68307		482.02					
		296 41 23	2.73200								
				2.38440			242.33				
			9.65240								
L	93 48 5								+1421.41	+1319.24	L
			9.70535								
				2.37913		239.41					
		210 29 28	2.67378								
				2.60914				406.57			
			9.93536								
C	193 23 27								+1182.00	+ 912.67	C
			9.84084								
				2.52429		334.42					
		223 52 55	2.68345								
				2.54125				347.74			
			9.85780								
B	221 5 17								+ 847.58	+ 564.93	B
			9.99832								
				2.90159		797.24					
		264 58 12	2.90327								
				1.84615				70.17			
			8.94288								
H	100 50 23								+ 50.34	+ 494.76	H
			9.00528								
				1.70192		50.34					
		185 48 35	2.69664								
				2.69440				494.77			
			9.99776								
	1260				1903.43	1903.43	1360.88	1360.89			

Formulier IV. (Vervolg).

Hoekpunt	Brekingshoek	Azimuth α	Log sin α Log zijde Log cos α	Log absc. verschil Log ord. verschil	Abscissen verschil +	Abscissen verschil −	Ordinaten verschil +	Ordinaten verschil −	Coördinaten X	Coördinaten Y	Hoekpunt
	° ′ ″	° ′ ″									
G		64 22 13							+1426.74	+ 301.45	A
A	131 3 17										
			9.42484								
				2.15859	144.08						
		15 25 30	2.73375								
				2.71782			522.18				
			9.98407								
D	87 28 25								+1570.82	+ 823.63	D
			9.98890								
				2.58976		388.82					
		282 53 55	2.60086								
				1.94960			89.04				
			9.34874								
C					144.08	388.82	611.22		+1182.00	+ 912.67	C
						144.08			− 244.74	+ 611.22	
						244.74			+1426.74	+ 301.45	A

Voor contrôle op de berekening vermeerdert men (H K) met K en vindt dan voor (K G) wederom 90°.

In kolom 4 worden de waarden voor log sin α en log cos α ingevuld, alsmede de log zijde; laatstgenoemde wordt weder ontleend aan formulier III

Nu worden in kolom 5 beurtelings de sommen ingevuld van log a + log sin α en log a + log cos α en in kolommen 6—9 worden de daarbij behorende waarden ingevuld, naar gelang zij positief of negatief zijn.

In kolommen 10 en 11 volgt daarna de berekening van X en Y met behulp der waarden in de kolommen 6—9.

Ter berekening van de coördinaten van D werd uitgegaan van A en aangesloten op C. (A D) wordt gevonden door (G A) te vermeerderen met de hoeken 19. 16. en 2 en de som te verminderen met 180°, zodat (A D) wordt 15°.25′.30″. De lengte van A D wordt weder ontleend aan formulier III. Ter contrôle wordt op overeenkomstige wijze aangesloten op C, waardoor men weder dezelfde coördinaten voor dat punt moet verkrijgen als reeds werden berekend.

§ 132. Aangezien het driehoeksnet op de hier aangegeven wijze volkomen is vereffend, zò zullen de volstrekte waarden der sommen van de abscissen- en ordinaten-verschillen juist aan elkaar gelijk moeten zijn.

Een correctie dier verschillen vindt dus niet meer plaats en men vindt onmiddellijk de ligging der punten in coördinaten. Als slot der metingen en berekeningen volgt de constructie van het net, (fig. 90).

§ 133. In het voorbeeld van fig. 90 werd bij de berekening uitgegaan van de basis C D, welke rechtstreeks op het terrein, dat van nature zeer vlak was, werd gemeten.

Zeer vaak komt het echter in de practijk voor, dat het terrein tussen twee driehoekspunten zich moeilijk leent tot het rechtstreeks meten van de zijde en in zo'n geval moet men, ter verkrijging van die lengte, deze berekenen met behulp van een *hulp-basis*, zoals fig. 91 weergeeft.

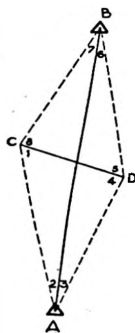


Fig. 91.

De punten A en B zijn driehoekspunten terwijl een terreinstrook, welke ongeveer loodrecht op de lijn A B voorkomt, goede gelegenheid biedt tot het nauwkeurig meten van de veel kortere hulpbasis C D, waarbij tevens rekening wordt gehouden met het hoogte verschil van C en D.

Men meet achtereenvolgens de hoeken 1—8, waarna een vereffening der gemeten hoeken op de volgende wijze plaats vindt. (zie ook §· 131).

Eerst wordt de som der hoeken 1—8 gelijk gemaakt aan 360°, door aan elke hoek een even grote correctie te geven.

Vervolgens moet de som der hoeken 1 en 2 even groot zijn als die van 5 en 6; zo ook moet ∠ 3 + ∠ 4 = ∠ 7 + ∠ 8 zijn. Eventuele sluitfouten worden weer gelijkelijk over elk stel hoeken verdeeld; dus voor de helft in positieve en voor de andere helft in negatieve zin. Ten slotte moet weder worden voldaan aan de eigenschap der sinuscorrectie.

In △ C D B zijn nu te berekenen de zijden B C en B D en evenzo in △ C A D de zijden A C en A D. Daarna wordt in △ A B C de lengte van A B berekend, waarna contrôle op de berekening wordt verkregen door in △ A D B de lengte van A B te berekenen.

§ 134. In figuur 92 is voorgesteld een driehoeksnet, hetwelk de grondslag vormde voor de opmeting van een deel van het stroomdal ener kleine rivier.

Van dit net werden gemeten alle hoeken en verder de zijden A B en H K, welke voorkomen aan de uiteinden van het net.

Dit net moet nu aan de volgende eisen voldoen:

1e. De som der hoeken in elke driehoek moet 180° zijn.

2e. Het product A B. sin 1. sin 4. sin 8. sin 11. enz. moet gelijk zijn aan H K. sin 3. sin 6. sin 9. sin 12 enz.

Deze tweede eis zij als volgt toegelicht:
In fig. 87 kan men de volgende vergelijkingen opstellen:

A B : sin 3 = B D : sin 1		A B sin 1 = B D sin 3
B D : sin 6 = C D : sin 4	of	B D sin 4 = C D sin 6
C D : sin 9 = E C sin 8		C D sin 8 = E C sin 9
enz.		enz.

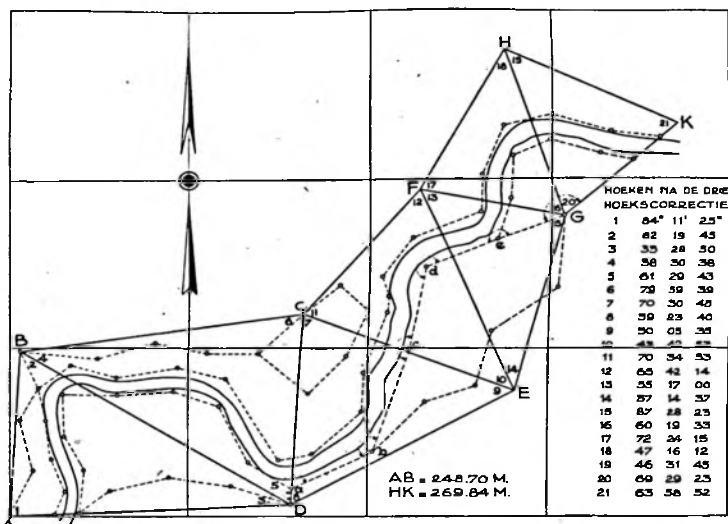


Fig. 92.

Vermenigvuldigt men thans de leden der laatste vergelijkingen met elkaar, dan ontstaat de formule:

$$A\,B \sin 1 \times \sin 4 \times \sin 8 \times \sin 11 \times \sin 14 \times \sin 17 \times \sin 20 =$$
$$= H\,K \sin 3 \times \sin 6 \times \sin 9 \times \sin 12 \times \sin 15 \times \sin 18 \times \sin 21.$$

Het resultaat dezer berekening is weergegeven in formulier V, waarna volgen de rondberekening van het net en de coördinaten-berekening (Formulieren VI en VII).

§ 135. Voor de verdere opmeting van het terrein werden als grondslag voor de detailmeting enige open veelhoeken over het terrein gelegd, aanvangende en eindigende in driehoekspunten.

De wijze van opmeting dezer veelhoeken wordt verder verklaard in het volgende Hoofdstuk IX.

Formulier VI.

Driehoek	Hoek	Hoekpunt	Definitieve hoeken			Log sinus	Log overstaande zijde	Lengte der	Zijde
			°	′	″				
I.	1	A	84	11	31	9.99776	2.65180	448.54	B D
	2	B	62	19	45	9.94727	2.60131	399.31	A D
	3	D	33	28	44	9.74164	2.39568	248.70	A B
						2.65404			
II.	4	B	38	30	44	9.79427	2.45273	283.61	D C
	5	D	61	29	43	9.94388	2.60234	400.25	B C
	6	C	79	59	33	9.99334	2.65180	448.54	B D
						2.65846			
III.	7	C	70	30	45	9.97438	2.54228	348.56	D E
	8	D	59	23	46	9.93486	2.50276	318.24	C E
	9	E	50	05	29	9.88483	2.45273	283.61	D C
						2.56790			
IV.	10	E	43	42	53	9.83952	2.38257	241.31	C F
	11	C	70	34	59	9.97457	2.51762	329.32	F E
	12	F	65	42	08	9.95971	2.50276	318.24	C E
						2.54305			
V.	13	F	55	17	00	9.91486	2.43290	270.96	E G
	14	E	37	14	43	9.78192	2.29996	199.51	F G
	15	G	87	28	17	9.99958	2.51762	329.32	F E
						2.51804			
VI.	16	G	60	19	33	9.93895	2.37290	236.00	F H
	17	F	72	24	21	9.97919	2.41314	258.91	H G
	18	H	47	16	06	9.86601	2.29996	199.51	F G
						2.43395			
VII.	19	H	46	31	45	9.86077	2.32032	209.08	K G
	20	G	69	29	29	9.97156	2.43111	269.84	H K
	21	K	63	58	46	9.95359	2.41314	258.91	H G
						2.45955			

Formulier VII.

Punten	Hoeken na correctie	Kaart-hoeken of Azimuths	Zijden	Log sin *a* Log zijde Log cos *a*	Log absc. verschil Log ord. verschil	X Abscissen verschil	Y Ordinaten verschil	Punten
	° ′ ″	° ′ ″						
				9.99950				
A	84 11 31	87 15 00	399.31	2.60131	2.60081	+398.85	+ 19.13	
				8.68039	1.28170			
						+398.85	+ 19.13	D
				9.94440				
D	154 22 13	61 37 13	348.56	2.54228	2.48668	+306.68	+165.68	
				9.67698	2.21926			
						+705.53	+184.81	E
				9.34117				
E	131 03 05	12 40 18	270.96	2.43290	1.77407	+ 59.44	+264.36	
				9.98929	2.42219			
						+764.97	+449.17	G
				9.88400				
G	217 17 19	49 57 37	209.08	2.32032	2.20432	+160.07	+134.51	
				9.80843	2.12875			
						+925.04	+583.68	K
				9.96093				
K	63 58 46	293 56 23	269.84	2.43111	2.39204	−246.63	+109.50	
				9.60829	2.03940			
						+678.41	+693.18	H
				9.66785				
H	93 47 51	207 44 14	236.00	2.37290	2.04075	−109.84	−208.88	
				9.94699	2.31989			
						+568.57	+484.30	F
				9.81806				
F	193 23 29	221 07 43	241.31	2.38257	2.20063	−158.72	−181.77	
				9.87694	2.25951			
						+409.85	+302.53	C
				9.99598				
C	221 05 17	262 13 00	400.25	2.60234	2.59832	−396.58	− 54.21	
				9.13171	1.73405			
						+ 13.27	+248.35	B
				8.72711				
B	100 50 29	183 03 29	248.70	2.39568	1.12279	− 13.27		
				9.99938	2.39506		−248.35	
	1260					0	0	A

Formulier V.

Hoek	Hoeken na de △ correctie	Log sinus	D voor 60″	Sin corr.	Hoeken, na de sinus correctie	Log sinus
	° ′ ″			″	° ′ ″	
1	84 11 25	9.99776	1	+ 6	84 11 31	9.99776
4	38 30 38	9.79425	16	+ 6	38 30 44	9.79427
8	59 23 40	9.93485	7	+ 6	59 23 46	9.93486
11	70 34 53	9.97457	4	+ 6	70 34 59	9.97457
14	37 14 37	9.78190	17	+ 6	37 14 43	9.78192
17	72 24 15	9.97919	4	+ 6	72 24 21	9.97919
20	69 29 23	9.97156	5	+ 6	69 29 29	9.97156
Log	A B (248.70)	2.39568				2.39568
		1.82976	54			1.82981

Hoek	Hoeken na de △ correctie	Log sinus	D voor 60″	Sin corr.	Hoeken, na de sinus correctie	Log sinus
	° ′ ″			″	° ′ ″	
3	33 28 50	9.74167	19	− 6	33 28 44	9.74164
6	79 59 39	9.99334	2	− 6	79 59 33	9.99334
9	50 05 35	9.88484	11	− 6	50 05 29	9.88483
12	65 42 14	9.95972	6	− 6	65 42 08	9.95971
15	87 28 23	9.99958	0	− 6	87 28 17	9.99958
18	47 16 12	9.86602	12	− 6	47 16 06	9.86601
21	63 58 52	9.95359	6	− 6	63 58 46	9.95359
Log	H K (269.84)	2.43111				2.43111
		1.82987	56			1.82981
		1.82976	54			
		11	110			

Correctie: $\frac{11}{110} \times 60'' = 6''$

HOOFDSTUK IX.

Veelhoeksmeting.

§ 136. Vorm van het veelhoeksnet.

In Hoofdstuk VII werd als een der methoden, welke dienen tot het opnemen van een „net", genoemd de veelhoeksmeting, en wel meer in het bijzonder de gesloten veelhoek.

In zo'n geval vormt het net een veelhoek, die zo goed mogelijk het op te meten terrein omsluit, terwijl dan dikwijls nog verschillende veelhoekspunten weer door open veelhoeken worden verbonden, ten einde op deze wijze een voldoend aantal meetlijnen voor de détailmeting te verkrijgen.

Zo stelt in fig. 93 de veelhoek A B C D E F het net voor, terwijl de punten F en D verbonden zijn door de open veelhoek F-1-2-3-4-5-D. Evenzo is E met C verbonden door de open veelhoek E-6-7-3-8-C.

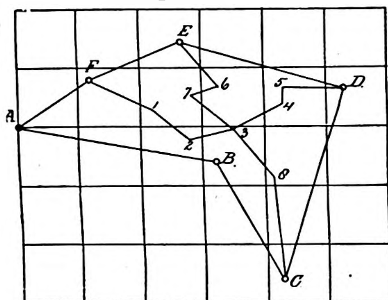


Fig. 93.

De veelhoeksmeting wordt in ons land vrij veelvuldig toegepast in bosrijke terreinen, aangezien men in zulke gevallen van geen andere methode gebruik kan maken en men bijna uitsluitend is aangewezen, om de meetlijnen langs de in het bos voorkomende wegen te leggen. De vorm van het net hangt dus meestal ten nauwste samen met de indeling van het terrein. Men zorge echter steeds, bij de vaststelling van het net, om van zo weinig mogelijk veelhoekszijden gebruik te maken, terwijl men die zijden dan liefst zo lang mogelijk kiest.

§ 137. Opmeting van het net. Gesloten veelhoek.

Is het net op het terrein bepaald en met behulp van piketten en jalons uitgezet, dan kan worden overgegaan tot de opmeting ervan. Van het net worden achtereenvolgens alle hoeken een of meermalen gemeten, terwijl bovendien de lengte der veelhoekszijden door lengtemeting wordt bepaald.

Als regel moet worden aangenomen, dat elke veelhoekszijde minstens tweemaal wordt gemeten. De tweede meting heeft dan plaats in tegengestelde richting met de eerste. Het gemiddelde der twee metingen wordt als definitief aangehouden, tenzij de verkregen resultaten te veel verschillen. Meestal wordt hierbij aangenomen, dat in terrein, hetwelk gemakkelijk kan worden gemeten, dus vlak terrein, dat verschil mag bedragen 0.01 maal de wortel uit de gemeten lengte. In ongunstig terrein mag het verschil 0.015 maal de wortel uit de gemeten lengte bedragen.

Alleen in gevallen, waarbij het op niet al te grote nauwkeurigheid aan-

komt, of waar het terrein bijzonder geaccidenteerd is, kan de lengte ook bepaald worden met behulp van een afstandmeter. (Zie Hoofdstuk XV).

§ 138. Zijn alle hoeken gemeten, dan moet de som der binnenhoeken bij een gesloten veelhoek bedragen (n — 2) × 180°, indien n het aantal hoeken voorstelt. De som der buitenhoeken moet zijn (n+2) × 180°.

In de regel zal de gemeten som der hoeken niet volkomen gelijk zijn aan de werkelijke som. Het verschil wordt dan gelijkelijk over alle hoeken verdeeld. Bij een goed hoekmeetinstrument kan men aannemen, dat de sluitfout, uitgedrukt in minuten, hoogstens mag bedragen $1{,}5\ \sqrt{n}$.

Is nu verder het azimuth bekend van een der zijden, dan kunnen op de bekende wijze de overige azimuths der andere zijden berekend worden, waarna de coördinaten-berekening plaats vindt.

Zo nodig wordt het azimuth van een der zijden met een boussole gemeten, hetgeen in de practijk in de meeste gevallen voldoende nauwkeurig is.

Bij de coördinaten-berekening gaat men van een bepaald punt uit en men sluit, bij een gesloten veelhoek, ten slotte ook weer op ditzelfde punt aan. De algebraïsche som der abscissen- en der ordinaten-verschillen moet dus nul opleveren.

De volgorde van de metingen en berekeningen van een gesloten veelhoek is de volgende:

1°. Meting der hoeken.
2°. Meting der zijden.
3°. Vereffening der hoeken.
4°. Berekening der azimuths.
5°. Coördinaten-berekening.
6°. Constructie van het net.

§ 139. **Voorbeeld.**

Een geval, aan de practijk ontleend, is weergegeven in fig. 94.

De uitkomsten der hoekmeting zijn verzameld in een **Register van hoek meting,** (formulier VIII).

Het azimuth der zijde A B is bekend uit een vroegere meting, aansluitende bij de hier genoemde, zodat dit terstond kan worden ingevoerd.

De lengten der zijden zijn alle met een meetband tweemaal gemeten; de tweede meting vond plaats in tegengestelde richting met de eerste meting.

Ten slotte werd genoteerd:

a. De plaats waar, en de datum waarop de meting plaats vond.
b. De instrumenten, waarmede de metingen verricht zijn.

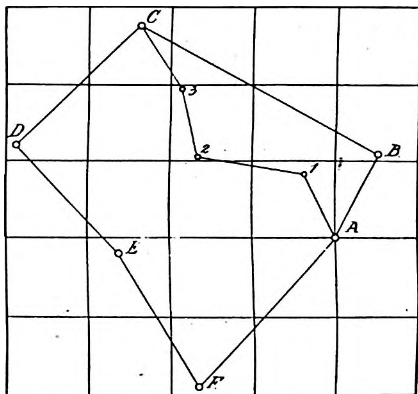


Fig. 94.

Formulier VIII.

Register van hoekmeting.

Standplaats	Kijkerstand	Voorwerp	Aflezing Nonius I	Aflezing Nonius II	Gemiddelde der Noniën	Richtingen	Waargenomen hoeken
			° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″
A	R.R.	B	330 47 30	47 30	330 47 30	330 47 48	163 39 48
		F	167 8 0	7 50	167 7 55	167 8 0	
	R.L.	F	347 8 20	7 50	347 8 5		
		B	150 48 0	48 10	150 48 5		
B		C	98 53 0	53 10	98 53 5	98 52 48	94 38 6
		A	4 15 10	15 20	4 15 15	4 14 42	
	R.R.	A	184 14 10	14 10	184 14 10		
		C	278 52 40	52 20	278 52 30		
C		D	310 41 10	41 0	310 41 5	310 41 8	103 57 43
		B	206 43 50	43 20	206 43 35	206 43 35	
	R.L.	B	26 43 40	43 30	26 43 35		
		D	130 41 10	41 10	130 41 10		
D		E	241 19 0	18 40	241 18 50	241 18 42	93 46 44
		C	147 32 10	32 20	147 32 15	147 31 58	
	R.R.	C	327 31 50	31 30	327 31 40		
		E	61 18 50	18 20	61 18 35		
E		F	163 8 10	8 20	163 8 15	163 8 15	193 23 10
		D	329 44 40	45 0	329 44 50	329 45 5	
	R.L.	D	149 45 20	45 20	149 45 20		
		F	343 8 10	8 20	343 8 15		
F		A	84 52 50	53 0	84 52 55	84 52 48	70 35 46
		E	14 17 10	17 20	14 17 15	14 17 2	
	R.R.	E	194 16 50	16 50	194 16 50		
		A	264 52 30	52 50	264 52 40		
							720 1 17

Gemeten zijden:

				Gemiddeld
AB	118.03	BA	118.05	118.04
BC	335.09	CB	335.07	335.08
CD	215.78	DC	215.83	215.80
DE	188.72	ED	188.73	188.72
EF	192.95	EF	192.97	192.96
FA	254.56	AF	254.48	254.52

Veelhoeksmeting te A. 2 Sept. 1911.
Instrument: Theodt Tesdorpf.
Meetband no. 9630.

In formulier IX vindt men de coördinatenberekening uitgevoerd. Tot-toelichting hiervan het volgende:

In kolom 2 worden de gemeten hoeken ingevuld en vereffend, terwijl in kolom 3 de azimuths voorkomen, welke zijn afgeleid uit de hoeken in kolom 2. Zou het azimuth van een der zijden niet bekend zijn, dan kan een willekeurig azimuth worden aangenomen en men spreekt dan, om verwarring te voorkomen, van „Kaarthoek".

Formulier IX.

Punten	Hoeken ° ′ ″	Kaart-hoeken of Azimuths ° ′ ″	Zijden	Log sin α Log zijde Log cos α	Log absc. versch. Log ord. versch.	X Abscissen versch. correctie	Y Ordinaten versch. correctie	Punten
1	2	3	4	5	6	7	8	9
						0	0	A
				9.63458				
					1.70661	+ 50.89	+ 106.51	
A	163 39 48	25 32 15	118.04	2.07203		− 0.01	− 0.03	
	− 13				2.02738			
				9.95535				
						+ 50.88	+ 106.48	B
				9.93679				
					2.46193 n	− 289.69	+ 168.39	
B	94 38 06	300 10 08	335.08	2.52514		− 0.02	− 0.06	
	− 13				2.22632			
				9.70118				
						− 238.83	+ 274.81	C
				9.84277				
					2.17682 n	− 150.25	− 154.90	
C	103 57 43	224 07 38	215.80	2.33405		− 0.01	− 0.04	
	− 13				2.19005 n			
				9.85600				
						− 389.09	− 119.87	D
				9.82633				
					2.10215	+ 126.52	− 140.03	
D	93 46 44	137 54 09	188.72	2.27582		− 0.01	− 0.03	
	− 13				2.14623 n			
				9.87041				
						− 262.58	− 20.19	E
				9.68165				
					1.96712	+ 92.71	− 169.23	
E	193 23 10	151 17 06	192.96	2.28547		− 0.01	− 0.04	
	− 13				2.22848 n			
				9.94301				
						− 169.88	− 189.46	F
				9.82448				
					2.23020	+ 169.90	+ 189.51	
F	70 35 46	41 52 40	254.52	2.40572		− 0.02	− 0.05	
	− 12				2.27763			
				9.87191				
						0	0	A
	720 01 17		1305.12					
	720 00 00					+ 440.02	+ 464.41	
						− 439.94	− 464.16	
	01 17							
					Sluitfout	+ 0.08	+ 0.25	

Formulier IX (vervolg).

Punten	Hoeken ° ′ ″	Kaart-hoeken of Azimuths ° ′ ″	Zijden	Log sin α Log zijde Log cos α	Log absc. versch. Log ord. versch.	X Abscissen versch. correctie	Y Ordinaten versch. correctie	Punten
1	2	3	4	5	6	7	8	9
						0	0	A
				9.62831				
					1.58400 n	— 38.37	+ 81.74	
A	112 58 30	334 51 15	90.30	1.95569			— 0.03	
	+ 5				1.91244			
				9.95675				
						— 38.37	+ 81.71	1
				9.99388				
					2.11724 n	— 130.99	+ 22.15	
1	124 44 30	279 35 50	132.85	2.12336		— 0.01	— 0.05	
	+ 5				1.34535			
				9.22199				
						— 169.37	+ 103.81	2
				9.33209				
					1.28946 n	— 19.47	+ 88.53	
2	247 59 45	347 35 40	90.65	1.95737			— 0.04	
	+ 5				1.94711			
				9.98974				
						— 188.84	+ 192.30	3
				9.71429				
					1.69882 n	— 49.98	+ 82.55	
3	161 12 31	328 48 16	96.50	1.98453		— 0.01	— 0.04	
	+ 5				1.91670			
				9.93217				
						— 238.83	+ 274.81	C
C	75 19 17	224 07 38						
	+ 5							
	722 14 33		410.30			— 238.81	+ 274.97	
	722 14 58					— 238.83	+ 274.81	
	25				Sluitfout	+ 0.02	+ 0.16	

In kolom 4 worden de gemeten zijden ingevuld in de volgorde, waarin de berekening plaats vindt. Het getal 335.08 betekent dus de lengte der zijde B C; het getal 254.52 die van de zijde F A.

In de kolommen 5 en 6 treft men de logarithmen aan der sinussen, der cosinussen en der zijden, benevens de logarithmen der sinus- en der cosinus-producten.

Al naar gelang nu het sinus- en cosinus-product positief of negatief is, (hetgeen afhangt van het kwadrant, waarin het azimuth is gelegen) worden de waarden, die bij de in kolom 6 voorkomende logarithmen behoren, in de kolommen 7 en 8 ingevuld. Deze kolommen stellen dus de abscissen- en ordinaten-verschillen voor.

In § 138 werd reeds vermeld, dat bij een gesloten veelhoek de algebraïsche sommen dier verschillen gelijk aan nul moeten zijn.

In de regel zal zulks echter niet plaats vinden, zoals ook de berekening aangeeft. De correctie, welke daarom aan de abscissen- en ordinatenverschillen moet worden aangebracht, is hier toegepast naar evenredigheid van de lengte der veelhoekszijden. De sluitfouten in kolommen 7 en 8 bedragen respectievelijk 8 en 25 cm en de verdeling dier fouten wordt in kolommen 7 en 8 ingevuld.

Daarna worden de coördinaten berekend. Zo worden de coördinaten van C gevonden door de X van B te vermeerderen met —289.71 en de Y van B met —168.33. Ten slotte moet de berekening wederom de coördinaten van A opleveren.

§ 140. Zoals men ziet, is de hier beschreven coördinatenberekening geheel logarithmisch uitgevoerd. Aangezien een dergelijke berekening vrij omslachtig is, temeer daar men, wil men de zekerheid hebben van een goede uitvoering der berekeningen, minstens tweemaal die berekeningen zal moeten verrichten, zo heeft men zogenaamde coördinatentafels samengesteld, waardoor men in staat is vlugger tot het doel te geraken. Gewoonlijk zijn deze tafels zodanig ingericht dat voor een bepaalde hoek en een rond aantal meters (telkens met 10 m opklimmende tot 100 m), het sinus- en cosinus product rechtstreeks in de tafel voorkomt. Heeft men dus een zijde van 233.6 m, dan vindt men het sinusproduct voor een willekeurige hoek a, door eerst in de tafel te nemen

het product van 200 sin a, vervolgens
het product van 30 sin a, daarna
het product van 3 sin a en ten slotte
het product van 0.6 sin a.

Zodat de som van deze vier producten het gevraagde product oplevert.

Daar het gewenst is, om in het algemeen een berekening tweemaal te verrichten, ten einde fouten te voorkomen, zo gebruikt men dikwijls een coördinaten-tafel om de logarithmisch uitgevoerde berekeningen te controleren.

Een bekende coördinaten-tafel is die van F. N. Clouth (Tafeln zur berechnung goniometrischer coördinaten).

§ 141. **Open veelhoek.**

In fig. 94 zijn de punten A en C met elkaar verbonden door de open veelhoek A—1—2—3—C, welke op soortgelijke wijze wordt opgemeten als de veelhoek A B C D E F, door achtereenvolgens te meten de hoeken F A 1, A 1 2, enz.... 3 C D, benevens de zijden A 1, enz.... 3 C.

Noemt men nu het azimuth van de zijde A F a, en dat van C D b, dan moet de som der hoeken F A 1 + A 1 2 + enz.... + 3 C D, gelijk zijn aan:

$$b - a + p \times 180°.$$

Hierin stelt p een geheel getal voor, dat verband houdt met het aantal gemeten hoeken.

Het azimuth van A 1 is nl. ∠ F A 1 + a, het azimuth van 1 — 2 = ∠ FA1 + a + A 1 2 — 180°, enz. Ten slotte, het azimuth van C D = a + som der hoeken — 4 × 180° = b. Waaruit volgt:

som der hoeken = b — a + 4 × 180°.

Aangezien de azimuths der zijden A F en C D bekend zijn, vindt men voor de som der hoeken een bepaalde waarde, die moet overeenstemmen met de som der gemeten hoeken. Blijkt dit niet volkomen juist te zijn, dan wordt het verschil, evenals bij de gesloten veelhoek, gelijkelijk over alle hoeken van de open veelhoek verdeeld.

Op de bekende wijze worden vervolgens weer de azimuths berekend en thans met de verkregen gegevens de coördinaten der punten 1, 2 en 3 berekend. Ter contrôle der berekening zij opgemerkt, dat de som der abscissen-verschillen gelijk moet zijn aan het abscissen-verschil van A en C, terwijl evenzo het ordinaten-verschil ook gelijk moet zijn aan dat der punten A en C. Een correctie wordt weer op dezelfde wijze uitgevoerd als bij de gesloten veelhoek. (Zie formulier IX).

Het abscissen-verschil tussen de punten A en C moet zijn —238.83, het ordinaten-verschil +274.81, terwijl de berekening aangeeft respectievelijk —238.81 en + 274.97. De correcties worden daarna op de bekende wijze aangebracht, zodat ten slotte weer het abscissen- en ordinaten-verschil overeenkomt met de juiste waarde.

Na het vorenstaande zal de berekening van de open veelhoek D a b c d e G in fig. 92 weinig moeilijkheden opleveren. (Formulier X).

Opgemerkt zij hierbij, dat de sluitfout in de X-as niet bijzonder gunstig is. Dit valt vermoedelijk te verklaren uit het feit, dat enkele veelhoekszijden door zeer drassig terrein liepen, terwijl op een tweetal plaatsen moest worden aangesloten aan driehoekspunten, welke hoog gelegen waren (op een dijk). De meting van de aansluitende veelhoekszijde ondervond daardoor enige moeilijkheden.

§ 142. Veelhoeksmeting met de boussole.

Bij het verrichten der hoekmetingen met behulp van de boussole, meet men in elk hoekpunt rechtstreeks het azimuth der zijde, zodat dus in dit geval geen onmiddellijke contrôle op de hoekmeting kan worden verkregen. Dit kan alleen, indien men als volgt te werk gaat bij de meting (zie fig. 95).

Men plaatst de boussole op het statief boven het hoekpunt A en richt achtereenvolgens op B en op F, waarbij men zowel de aflezing bij de noordpool als bij de zuidpool noteert. Men meet zodoende dus de magnetische azimuths der lijnen A B en A F.

Vervolgens het instrument opstellende boven B, noteert men op dezelfde wijze de azimuths der lijnen B C en B A. Op deze wijze wordt dus van elke lijn tweemaal een azimuth gemeten, welke azimuths 180° met elkaar moeten verschillen.

Verlengt men nl. in fig. 95 de lijn A B, dan meet men, als azimuth der lijn B A, de inspringende hoek N' B A, welke blijkbaar gelijk is aan α (het azimuth van A B) + 180°. Op deze wijze werkende oefent men steeds contrôle op de meting.

Heeft men een gesloten veelhoek opgemeten, zoals in fig. 95 dan kan men ook de hoeken van de veelhoek vinden, door de twee gemeten azimuths in een hoekpunt van elkaar af te trekken. De som dezer hoeken moet dan bedragen $(n-2) \times 180°$.

Formulier X.

Punten	Hoeken na correctie	Kaart-hoeken of Azimuths	Zijden	Log sin α Log zijde Log cos α	Log absc. verschil Log ord. verschil	X Abscissen verschil	Y Ordinaten verschil	Punten
	° ′ ″	° ′ ″						
	(D A)	267 15 00				398.85	19.13	D
				8.60270				
D	95 02 45	2 17 45	20.—	1.30103	9.90373	0.80	19.98	
				9.99965	1.30068	+ 1		
						399.66	39.11	a
				9.94404				
a	239 14 15	61 32 00	121.32	2.08393	2.02797	106.65	57.83	
				9.67820	1.76213	+ 9	— 2	
						506.40	96.92	b
				9.48637				
b	136 18 45	17 50 45	161.54	2.20828	1.69465	49.51	153.77	
				9.97858	2.18686	+ 11	— 2	
						556.02	250.67	c
				9.19672				
c	171 12 15	9 03 00	119.48	2.07730	1.27402	18.79	118.00	
				9.99456	2.07186	+ 9	— 2	
						574.90	368.65	d
				9.96499				
d	238 15 13	67 18 13	112.35	2.05058	2.01557	103.65	43.35	
				9.58643	1.63701	+ 8	— 2	
						678.63	411.98	e
				9.96294				
e	179 21 47	66 40 00	93.95	1.97290	1.93584	86.27	37.21	
				9.59778	1.57068	+ 7	— 2	
G	163 17 37	49 57 37	(G K)			764.97	449.17	G
		267 15 00	(D A)		Sluitfout	0.45	0.10	
	1222 42 37	142 42 37						
		1080						
		1222 42 37						

De wijze van noteren kan als volgt geschieden (vergelijk fig. 95): Om de ware azimuths te kennen, moet van elk gemeten azimuth de declinatie worden afgetrokken, die, zoals reeds werd vermeld, hier te lande westelijk is.

Wenst men de punten in coördinaten te berekenen, dan kunnen de azimuths terstond worden ingevoerd.

Aangezien de boussole evenwel een instrument is, waarmede geen grote nauwkeurigheid in de hoekmetingen kan worden verkregen, zo zal het in de meeste gevallen niet nodig zijn, om de punten van het veelhoeksnet op de boven aangegeven wijze te berekenen. Een dergelijke berekening toch past zich beter aan bij een meer nauwkeurige meting.

Om tot de constructie van de veelhoek te geraken, kan men daarom beter handelen, zoals in fig. 96 is aangegeven.

Uitgaande van het punt A, zijn achtereenvolgens met behulp van een transporteur of gradenboog de azimuths uitgezet, zomede de lengten

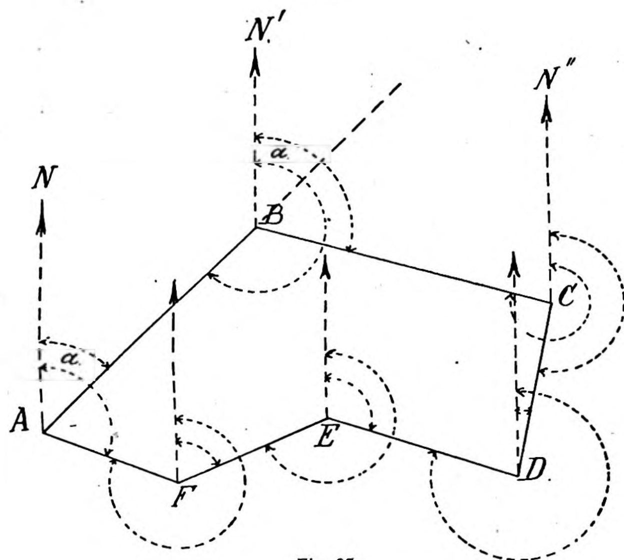


Fig. 95.

Hoekpunt	Azimuth	Aflezing N.P.	Aflezing Z.P.	Gemiddelde der aflezingen	Afgeleide hoeken	Aan te brengen correcties: Voor de hoeken	Aan te brengen correcties: Voor de azimuths	Definitieve azimuths	Definitieve hoeken
		° ′	° ′	° ′	° ′	′	′	° ′	° ′
A	(AB)	45 20	225 40	45 30	66 55	−2	+1	45 31	66 53
	(AF)	112 20	292 30	112 25			−1	112 24	
B	(BC)	106 10	286 20	106 15	118 50	−2	+1	106 16	118 48
	(BA)	225 0	45 10	225 5			−1	225 4	
C	(CD)	191 0	11 10	191 5	95 25	−2	+1	191 6	95 23
	(CB)	286 30	106 30	286 30			−1	286 29	
D	(DE)	289 20	109 0	289 10	82 10	−2	+1	289 11	82 8
	(DC)	11 20	191 20	11 20			−1	11 19	
E	(EF)	246 40	66 20	246 30	222 45	−1	+1	246 31	222 44
	(ED)	109 20	289 10	109 15				109 15	
F	(FA)	292 40	112 20	292 30	134 5	−1	+1	292 31	134 4
	(FE)	66 40	246 30	66 35				66 35	
					720 10	−10			720

der gemeten zijden. Aangezien op deze wijze, zowel tengevolge der fouten in de hoek- en lengtemetingen, als tengevolge van de constructie, deze fouten zich steeds opstapelen, zo zal zich bij het construeren van een gesloten veelhoek licht het geval voordoen, dat men ten slotte niet op het uitgangspunt aansluit.

Ditzelfde vindt plaats in fig. 96. Inplaats van op A, sluit men aan op A'. Er is dus een totale fout ontstaan, die kan worden voorgesteld door de lijn AA'.

Om deze fout te verbeteren, worden twee, elkaar loodrecht snijdende assen aangebracht, waarvan de een samenvalt met de magnetische

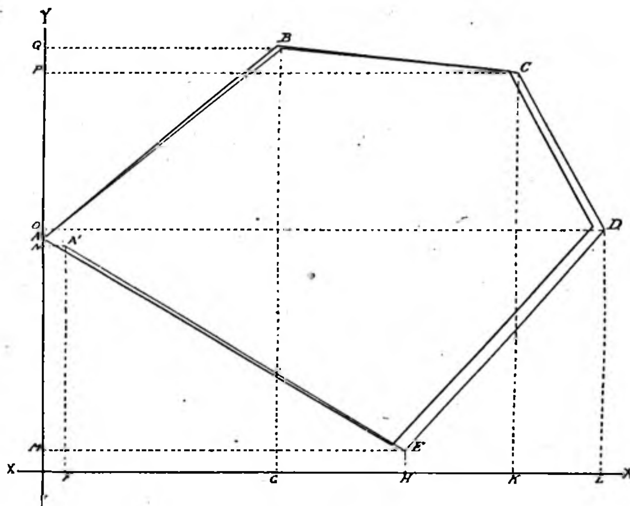


Fig. 96.

Zijde	Projectie op de		Correctie		Aan te brengen correctie		Hoekpunt
	X as	Y as	X	Y	X	Y	
AB	94.2	82.4	− 1.82	+ 0.72	0	0	A
BC	95.0	10.8	− 1.84	+ 0.09	− 1.82	+ 0.72	B
CD	35.4	67.2	− 0.68	+ 0.59	− 3.66	+ 0.81	C
DE	78.8	95.1	− 1.52	+ 0.83	− 4.34	+ 1.40	D
EA'	137.0	88.0	− 2.64	+ 0.77	− 5.86	+ 2.23	E
	440.4	343.5	− 8.50	+ 3.00	− 8.50	+ 3.00	

meridiaan, de Y-as, terwijl de andere dan de X-as voorstelt. Gemakshalve wordt de Y-as door het punt A genomen, terwijl de X-as zodanig wordt getrokken, dat deze juist buiten de veelhoek valt.

Projecteert men nu de uitgezette veelhoek zowel op de Y-as, als op de X-as, dan blijkt, dat de fout A A′ kan beschouwd worden als te zijn ontstaan uit een projectie N A op de Y-as en uit een projectie N A′ op de X-as.

Door dus de fouten N A′ en N A naar evenredigheid te verdelen over de projecties van de veelhoek op de X-as, en op de Y-as, verkrijgt men voor elk hoekpunt de gewenste correctie.

In fig. 96 vindt men, door meting op de geconstrueerde tekening, dat de totale X-correctie moet bedragen:

—8.50 m en de totale Y-correctie: +3 m.

De totale lengten der geprojecteerde zijden van de veelhoek op de X-as en op de Y-as, bedragen 440.4 m en 343.5 m zodat de aan te brengen correcties in verhouding van de lengten der zijden voor elke zijde kunnen berekend worden. Men zie verder de bijbehorende berekeningstabel, waarin de aan te brengen correcties zijn berekend.

HOOFDSTUK X.

Secundaire driehoeksmeting.

§ 143. Bepaling van een punt volgens het theorema van Snellius.

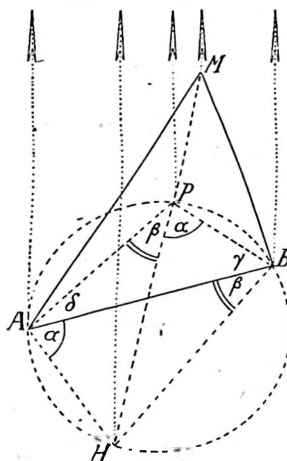


Fig. 97.

In Hoofdstuk VIII werd vermeld, dat met behulp van primaire en secundaire punten de coördinaten van andere punten kunnen worden bepaald. De wijze, waarop deze puntenbepaling berust, is ontleend aan het theorema van Snellius; hoewel meer dan één methode bekend is, zal in het volgende het probleem, bekend onder de naam van *hulppunt van Collins* worden besproken.

In fig. 97 zijn de punten A, B en M in coördinaten gegeven en met behulp dezer drie punten wenst men de coördinaten van een punt P te kennen. Daartoe worden in P gemeten de richtingen P M, P B en P A.

Denkt men zich thans een cirkel om P en twee der bekende punten beschreven, in dit geval A en B, en verlengt men de richting M P tot het punt H op de cirkelomtrek, dan be-

rekent men op de volgende wijze eerst de coördinaten van H (het Collinse hulppunt).

De hoeken α en β zijn bekend uit de gemeten richtingen, zodat dus ook bekend zijn de hoeken B A H en A B H, welke op dezelfde bogen staan als α en β. In $\triangle$ A B H kent men derhalve de zijde A B en de beide aanliggende hoeken. De lengte van A B, alsmede (A B) worden

Fig. 98.

berekend uit de coördinaten der eindpunten. Door toepassing van de sinusregel is in △ A B H:

$$A\,H = \frac{A\,B \sin \beta}{\sin (\alpha + \beta)} \quad \text{en} \quad B\,H = \frac{A\,B \sin \alpha}{\sin (\alpha + \beta)}.$$

Met behulp van (A B) en (B A) kunnen nu de coördinaten van H worden berekend, want (A H) = (A B) + α en (B H) = (B A) — β.

Nu dus de coördinaten van H bekend zijn, kan ook het azimuth van M H en dus ook van P M worden berekend, want

$$\text{tg}\,(H\,M) = \text{tg}\,(P\,M) = \frac{X_H - X_M}{Y_H - Y_M}.$$

Verder is (P B) = (P M) + 180° — α en (P A) = (P M) + β + 180°.
of (B P) = (P M) — α en (A P) = (P M) + β.

Door aftrekking vindt men vervolgens (B P) — (B A) = γ en (A B) — (A P) = δ.

In △ A B P kent men thans de basis A B en de beide aanliggende hoeken en met de sinusregel zijn dus de zijden A P en B P te berekenen. Men vindt dan voor P:

$$X_P = X_A + A\,P \sin (A\,P) = X_B + B\,P \sin (B\,P) \text{ en}$$
$$Y_P = Y_A + A\,P \cos (A\,P) = Y_B + A\,P \cos (B\,P).$$

In fig. 98 moeten de coördinaten worden bepaald van het punt P, hetwelk is gelegen binnen de driehoek Roosteren—Holtum—Grevenbicht; de coördinaten dezer punten zijn bekend uit het reeds genoemde boekwerk in § 124.

In P worden gemeten de richtingen naar de drie bekende hoekpunten (spitsen van kerktorens) en ter contrôle bovendien de richting naar het

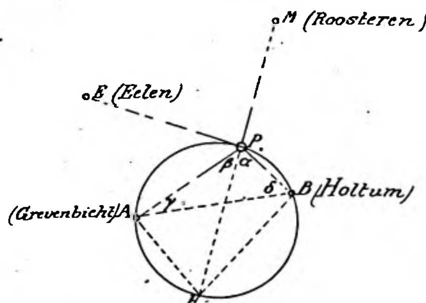


Fig. 99.

punt Eelen. Men verricht tenminste twee series in de gewone en in de doorgeslagen kijkerstand.

De berekeningen van P geschieden in de bijbehorende tabel met behulp van het Collinse hulppunt; tot toelichting voor de volgorde der berekeningen dient het volgende, waarbij tevens zij verwezen naar fig. 99.

De linker helft van de tabel heeft betrekking op de berekening van het Collinse hulppunt; de rechter helft op de bepaling van P (zie bl. 135).

In de linker helft zijn ingevuld de gemeten richtingen en de daaruit afgeleide hoeken α en β. In het onderhavige geval is P binnen de driehoek gelegen, zodat voor α en β de supplementen der afgeleide hoeken werden ingevuld. Was P buiten de driehoek gelegen dan zouden terstond de afgeleide waarden van α en β worden genomen.

In de rechter helft zijn de coördinaten der bekende punten vermeld.

Linker helft.

De coördinaten van A en B worden ingevuld en door aftrekking vindt men het abscissenverschil en het ordinatenverschil. De logarithmen hiervan worden ingevuld in het onderste gedeelte der linker helft, waarna door aftrekking wordt gevonden de log tg (A B). Rechts wordt nu de waarde van (A B) genoteerd en links de log sin (A B) en log cos (A B). Men vindt nu door aftrekking log A B. Deze is nl. log $(X_B - X_A)$ — log sin (A B) = log $(Y_B - Y_A)$ — log cos (A B).

Rechts worden nu ingevuld de waarden van α en β; waarmede vervolgens worden berekend (A H) en (B H). Ter contrôle worden deze van elkaar afgetrokken, waarna men moet vinden de som van α en β.

Links wordt thans log A B verminderd met log sin $(\alpha + \beta)$, waarna men vindt de log m = log middellijn van de omgeschreven cirkel.

In beide kolommen worden thans ingevuld de log sinussen en log cosinussen van α, β, (B H) en (A H), waarna men door optelling vindt de logarithmen der abscissen- en ordinaten-verschillen. (Log $(X_H - X_B)$ = log m + log sin α + log sin (B H); Log $(Y_H - Y_B)$ = log m + log sin α + log cos (B H) enz.).

De hierbij behorende waarden worden vervolgens ingevuld in het bovenste gedeelte, waarna men vindt de coördinaten van H.

Rechter helft.

Na invulling der coördinaten van M en H vindt men het abscissen- en het ordinatenverschil dezer punten.

Daarna wordt het onderste gedeelte der tabel berekend, welke berekening na het voorgaande geen bijzondere moeilijkheden biedt. Zodra de logarithmen der abscissen- en der ordinatenverschillen van A en B met P zijn berekend, worden de daarbij behorende waarden in de bovenste helft ingevuld, waarna de coördinaten van P worden gevonden.

Contrôle op de meting.

Nu P is gevonden, kunnen afstand en azimuth van P—Eelen worden berekend overeenkomstig § 122. In ons geval blijkt het azimuth te zijn 317g 15c 52cc, terwijl (P M) bedraagt 13g 81c 40cc. Trekt men deze van elkaar af dan vindt men voor de hoek tussen de richtingen P—Roosteren en P—Eelen een waarde van 96g 65c 88cc, terwijl deze hoek was gemeten 96g 65c 74cc; een verschil dus van 14cc, overeenkomende met een sluitfout in P van ongeveer 7 cm.

§ 144. Aansluiting van een driehoeksnet aan twee bekende punten.

Het komt in de practijk meermalen voor, dat een driehoeksnet aansluit aan enige in coördinaten gegeven punten. In zo'n geval behoeft geen basis te worden gemeten, daar de lengten der zijden van het net kunnen worden berekend met behulp der coördinaten van de bekende punten.

In het volgende zal worden aangegeven, hoe de berekening van de punten van een driehoeksnet plaats vindt, hetwelk is aangesloten aan twee bekende punten (zie fig. 100).

De coördinaten van A en B zijn bekend; de lengte en het azimuth van A B kunnen dus worden berekend.

Men neemt de lengte van A C aan als a. Met behulp der sinussen van

Fig. 100.

de vereffende hoeken van het net worden vervolgens de lengten der zijden C D en D B in a uitgedrukt.

Projecteert men nu de punten D en B op het verlengde van de lijn A C dan zijn de projecties A E en B E eveneens te bepalen; men vindt daarvoor waarden, welke worden voorgesteld door Pa en Qa. P en Q zijn dan bekende getallen.

$$A B = \sqrt{A E^2 + B E^2} = \sqrt{P^2 a^2 + Q^2 a^2} = a \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

$a \sqrt{P^2 + Q^2}$ stelt dus voor de lengte van A B, zoals die werd berekend uit de coördinaten van A en B en dus is $a = \dfrac{A B}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$ Daarmede is de lengte van de zijde A C gevonden en men kan nu overgaan tot de berekening van de overige zijden van het net.

Voor de coördinaten-berekening heeft men nu nog nodig het azimuth van A C.

De hoek B A E vindt men als volgt:

$\operatorname{tg} B A E = \dfrac{B E}{A E} = \dfrac{Q}{P}$, zodat hoek B A E bekend is. Deze hoek, opgeteld bij het reeds berekende azimuth van A B, geeft het azimuth van de zijde A C.

Berekening van de coördinaten van P.

Gemeten Richtingen	g.	c.	c.c.	Afgeleide hoeken	g.	c.	c.c.	Bekende Coördinaten	X	Y
PM	0							M	+ 30088.46	— 119167.14
PB	130	32	67	α	69	67	33	B	+ 30568.43	— 123006.57
PA	242	96	47	β	42	96	47	A	+ 27216.18	— 123875.30
PE	303	34	26					E	+ 26067.67	— 121141.54

X_B	+ 30568.43	Y_B	— 123006.57	X_M	+ 30088.46	Y_M	— 119167.14
X_A	+ 27216.18	Y_A	— 123875.30	X_H	+ 28687.90	Y_H	— 125520.02
$X_B - X_A$	+ 3352.25	$Y_B - Y_A$	+ 868.73	$X_M - X_H$	+ 1400.56	$Y_M - Y_H$	+ 6352.88
$X_H - X_B$	— 1880.53	$Y_H - Y_B$	— 2513.45	X_B	+ 30568.43	Y_B	— 123006.57
$X_H - X_A$	+ 1471.72	$Y_H - Y_A$	— 1644.73	$X_P - X_B$	— 1121.03	$Y_P - Y_B$	+ 931.58
				X_A	+ 27216.18	Y_A	— 123875.30
X_H	+ 28687.90	Y_H	— 125520.02	$X_P - X_A$	+ 2231.21	$Y_P - Y_B$	+ 1800.31
				X_P	+ 29447.39	Y_P	— 122074.99

log $(X_B - X_A)$	3.525336	(AB)	83 85 72	log $(X_M - X_H)$	3.146302	(HP)	13 81 40
log $(Y_B - Y_A)$	2.938885	α	69 67 33	log $(Y_M - Y_H)$	3.802971	β	42 96 47
log tg (AB)	0.586451	β	42 96 47	log tg (HM)	9.343331	(AP)	56 77 87
log sin (AB)	9.985885	(AH) = (AB) + α	153 53 05	(HM) = (HP)	13 81 40	(AB) — (AP) = γ	27 7 85
log cos (AB)	9.399434	(BH) = (BA) — β	240 89 25	α	69 67 33	(BP) — (BA) = δ	60 28 35
log AB	3.539451	$\alpha + \beta$	112 63 80	(BP)	344 14 7	$\alpha + \beta$	112 63 80
log sin $(\alpha + \beta)$	9.991386					$\alpha + \beta + \gamma + \delta$	200
log m	3.548065	log m	3.548065	log m	3.548065	log m	3.548065
log sin α	9.948738	log sin β	9.795748	log sin γ	9.615569	log sin δ	9.909356
log sin (BH)	9.777477	log sin (AH)	9.824012	log sin (BP)	9.885984	log sin (AP)	9.891120
log cos (BH)	9.903468	log cos (AH).	9.872281	log cos (BP)	9.805586	log cos (AP)	9.797926
log $(X_H - X_B)$	3.274280 n	log $(X_H - X_A)$	3.167825	log $(X_P - X_B)$	3.049618 n	log $(X_P - X_A)$	3.348541
log $(Y_H - Y_B)$	3.400271 n	log $(Y_H - Y_A)$	3.216094 n	log $(Y_P - Y_B)$	2.969220	log $(Y_P - Y_A)$	3.255347

richting K.
R
Bovenste Waalwaard.
7
+800
-34450
+550
Benedenste Waalwaard.
8
Bovenste Vlaswaard.
Kil.
Waal.
Benedenste Vlaswaard.
E
De
-34700
+300
9
Garst waard.
Bovenste nieuwe waard.
De
31
-34950
+50
P
Sluis waard.
Benedenste nieuwe waard.
richting Q.

Fig. 101.

De lengte van A C kan ook gevonden worden met behulp van A B en hoek B A E, want:

$$\cos B A E = \frac{A E}{A B} = \frac{Pa}{A B} \text{ en } \sin B A E = \frac{B E}{A B} = \frac{Qa}{A B}, \text{ waaruit volgt}$$

$$a = \frac{A B \sin B A E}{Q} = \frac{A B \cos B A E}{P}.$$

De coördinaten-berekening volgt thans op de bekende wijze.

§ 145. De vastlegging van een opmeting aan het Rijksnet.

In fig. 101 is een gedeelte weergegeven van een terrein, hetwelk is vastgelegd aan het Rijksnet.

De op de tekening voorkomende punten P, R en E, zijn punten, welke werden bepaald door een Snelliusmeting; de coördinaten zijn berekend ten opzichte van het coördinaten-nulpunt Amersfoort.

Fig. 102.

De waargenomen hoeken waren:

P	270°	09′	25″
9	148	54	20
8	175	36	20
7	214	06	20
R	150	31	40
	959	18	05

De som der waargenomen hoeken moet zijn:

(RK) − (PQ) + 4 × 180°

(RK) =	48°	03′	51″	} gegeven
(PQ) =	168	46	18	
	239	18	33	
4 × 180° =	720			
	959	17	33	

Het verschil van 32″ moet nu gelijkelijk worden verdeeld over de waargenomen hoeken, zodat de definitieve waarde dier hoeken wordt, als in onderstaand formulier XI is vermeld.

Formulier XI.

Punten	Hoeken ° ′ ″	Kaart-hoeken of Azimuths ° ′ ″	Zijden	Log sin α Log zijde Log cos α	Log absc. verschil Log ord. verschil	X Abscissen verschil correctie	Y Ordinaten verschil correctie	Punten
1	2	3	4	5	6	7	8	9
(PQ)		168 46 18				+ 158.57	− 35015.72	P
				9.99184				
					2.56691	+ 368.90	+ 72.20	
P	270 09 19	78 55 37	375.90	2.57507		+ 6	+ 2	
					1.85851			
				9.28344				
						+ 527.33	− 34943.50	9
				9.86991				
					2.39410	+ 247.80	+ 224.45	
9	148 54 14	47 49 51	334.34	2.52419		+ 5	+ 3	
					2.35112			
				9.82693				
						+ 775.38	− 34719.02	8
				9.83729				
					2.25748	+ 180.92	+ 191.08	
8	175 36 14	43 26 05	263.14	2.42019		+ 4	+ 2	
					2.28122			
				9.86103				
						+ 956.34	− 34527.92	7
				9.98965				
					2.09832	+ 125.40	+ 27.71	
7	214 06 13	77 32 18	128.43	2.10867		+ 1	+ 1	
					1.44270			
				9.33403				
						+ 1081.75	− 34500.20	R
R	150 31 33	48 03 51						
	959 17 33		1101.81			923.02	515.44	
					moet zijn	923.18	515.52	
					sluitfout	− 0.16	− 0.08	

Toelichting. De bekende coördinaten zijn:

	X	Y
P	+ 158.57	− 35015.72
R	+ 1081.75	− 34500.20
	+ 923.18	+ 515.52
	absc. verschil	ordin. verschil

Deze punten nu vormen hoofdpunten van het net van meetlijnen voor de opmeting van het terrein; zij worden verbonden door open veelhoeken, welke de basis vormen voor de detailmetingen.

Geheel overeenkomstig § 141 vinden de metingen en berekeningen plaats voor elke veelhoek (tussen twee Snelliuspunten). In P werden de richtingen gemeten naar Q (niet op de tekening voorkomend Snelliuspunt) en naar 9; in R de richtingen naar K en 7. Verder zijn de tussen gelegen hoeken 7, 8, 9, enz. gemeten.

De vereffening en berekening der coördinaten volgen uit het bijbehorende formulier XI.

Van het veldwerk der detailmetingen zijn alleen die, welke betrekking hebben op de veelhoekszijden 7—8 en 9—P afgebeeld in fig. 102.

Op deze wijze worden aan elke veelhoekszijde de détails van het terrein vastgemeten en elk onderdeel van de terreinmeting staat zodoende als het ware op zich zelf, terwijl toch het zo nodige verband tussen de verschillende metingen behouden blijft.

§ 145a. In § 134 werd een primair driehoeksnet behandeld, dat de grondslag vormde voor de opmeting van een terrein ter weerszijden van een kleine rivier. Een andere wijze van meten was in dit geval niet mogelijk.

Had men dit net op de wijze als in § 144 is aangegeven kunnen aansluiten aan twee in coördinaten gegeven punten, dan zou daardoor de berekening van het net belangrijk nauwkeuriger kunnen geschieden. Het meten op het terrein van twee bases was dan vervallen en juist die meting is een bron van onjuistheden. Immers men schakelt de lengte dier bases in voor de correctie der hoeken en men ziet gemakkelijk in, dat de uitkomsten der hoekmeting geheel onafhankelijk zijn van de lengtemeting der zijden; de toegepaste correctie in formulier V blijft dus aanvechtbaar.

De tegenwoordige rivierkaarten van de Rijks Waterstaat zijn alle ontstaan door vastlegging der riviernetten aan het Rijksnet. Elke opmeting van een riviervak staat op zichzelf en wordt vastgelegd aan twee punten van het Rijksnet, waardoor elk vak daar volkomen in past.

HOOFDSTUK XI.

Inhoudsbepaling.

§ 146. Bij de inhoudsbepaling van grotere terreinen, welke in verschillende percelen verdeeld zijn, zorgt men in de eerste plaats de totaal-inhoud nauwkeurig en definitief te berekenen, waarna men, na optelling der inhouden der verschillende percelen, een gelijke uitkomst moet verkrijgen als die van het gehele terrein. Aangezien men in 't algemeen op deze wijze een sluitingsfout zal verkrijgen, zo wordt deze, naar evenredigheid der perceelgrootten over de verschillende percelen verdeeld.

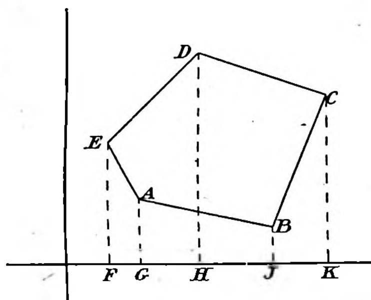


Fig. 103.

§ 147. De oppervlakte van een net, hetwelk in coördinaten is gegeven, laat zich op de volgende wijze berekenen. (Zie fig. 103).

De oppervlakte is blijkbaar gelijk aan de som der trapezia E D H F en D C K H, verminderd met de som der 3 trapezia E F G A, A G J B en B J K C. Uitgedrukt in de coördinaten der punten A, B, C, D en E wordt dus de inhoud:

$$\frac{(E_y + D_y)(D_x - E_x)}{2} + \frac{(D_y + C_y)(C_x - D_x)}{2} + \frac{(C_y + B_y)(B_x - C_x)}{2} + \frac{(B_y + A_y)(A_x - B_x)}{2} + \frac{(A_y + E_y)(E_x - A_x)}{2}.$$

Ontwikkelt men deze vorm verder, dan krijgt men:

$$\text{Inh.} = {}^1/_2\, E_y (D_x - A_x) + {}^1/_2\, D_y (C_x - E_x) + {}^1/_2\, C_y (B_x - D_x) + {}^1/_2\, B_y (A_x - C_x) + {}^1/_2\, A_x (E_x - B_x).$$

Het is bij deze berekening zaak goed te letten op de richting, waarin de veelhoek doorlopen wordt. Zoals hierboven is aangegeven, is de richting aangenomen, waarin zich de wijzers van een uurwerk bewegen. Nam men de punten in de tegenovergestelde volgorde, dan werd evenzo de inhoud verkregen, doch met negatief teken.

§ 148. Laat men uit de punten loodlijnen neer op de Y-as, in plaats van op de X-as, dan ontstaat een soortgelijke formule; nl.:

$$\text{Inh.} = {}^1/_2\, E_x (A_y - D_y) + {}^1/_2\, D_x (E_y - C_y) + {}^1/_2\, C_x (D_y - B_y) + {}^1/_2\, B_x (C_y - A_y) + {}^1/_2\, A_x (B_y - E_y).$$

Door beide formules toe te passen verkrijgt men een contrôle op de berekening.

Ook kan men de oppervlakte van een gesloten veelhoek rechtstreeks berekenen uit de zijden en de hoeken, volgens de formule voorkomende in „Dr. D. P. A. Verrijp, Leerboek der Trigonometrie, 4e druk". Deze formule luidt:

Schakelt men van een veelhoek een zijde en de beide aanliggende hoeken uit, dan is het oppervlak van de veelhoek gelijk aan de halve som van de termen, die men verkrijgt door het product van elk tweetal zijden met de sinus van de som der tussengelegen hoeken van de veelhoek, verminderd met zoveel maal 180° als één minder dan het aantal tussengelegen hoeken bedraagt, te vermenigvuldigen.

In fig. 94 is dus de oppervlakte:

$$\tfrac{1}{2} FE \times ED \times \sin E + \tfrac{1}{2} FE \times DC \times \sin (E + D - 180^\circ) + \tfrac{1}{2} FE \times BC \times \sin (E + D + C - 2 \times 180^\circ) + \tfrac{1}{2} FE \times AB \times \sin (E + D + C + B - 3 \times 180^\circ) + \tfrac{1}{2} ED \times DC \times \sin D + \tfrac{1}{2} ED \times BC \times \sin (D + C - 180^\circ) + \tfrac{1}{2} ED \times AB \times \sin (D + C + B - 2 \times 180^\circ) + \tfrac{1}{2} DC \times BC \times \sin C + \tfrac{1}{2} DC \times AB \times \sin (C + B - 180^\circ) + \tfrac{1}{2} BC \times AB \times \sin B.$$

Toepassing: (zie fig. 103).

Hoekpunt	Coördinaten		$Y_{n+1} - Y_{n-1}$	log X_n	log $(Y_{n+1} - Y_{n-1})$	log X_n + log $(Y_{n+1} - Y_{n-1})$	Dubbele Inhoud van de veelhoek					
	X	Y					+			−		
							H.	A.	c.	H.	A.	c.
A	+ 300.60	+ 281.15	− 367.69	2.477 9890	2.565 4818	5.043 4708				11	05	27.4
B	+ 844.31	+ 150.62	+ 442.00	2.926 5019	2.645 4223	5.571 9242	37	31	85.0			
C	+1067.20	+ 723.15	+ 750.02	2.028 2458	2.875 0728	5.903 3186	80	04	21.3			
D	+ 549.44	+ 900.64	− 204.84	2.739 9203	2.311 4148	5.051 3351				11	25	47.3
E	+ 176.10	+ 518.31	− 619.49	2.245 7594	2.792 0343	5.037 7937				10	90	92.2
							117	36	06.3	33	21	66.9
							33	21	66.9			
							84	14	39.4			
						Inhoud	42	07	19.7			

Contrôle-berekening.

Hoekpunt	Coördinaten		$X_{n-1} - X_{n+1}$	log Y_n	log $(X_{n-1} - X_{n+1})$	log Y_n + log $(X_{n-1} - X_{n+1})$	Dubbele Inhoud van de veelhoek					
	X	Y					+			−		
							H.	A.	c.	H.	A.	c.
A	+ 300.60	+ 281.15	− 668.21	2.448 9381	2.824 9130	5.273 8511				18	78	67.3
B	+ 844.31	+ 150.62	− 766.60	2.177 8826	2.884 5688	5.062 4514				11	54	65.3
C	+1067.20	+ 723.15	+ 294.87	2.859 2284	2.469 6306	5.328 8590	21	32	35.2			
D	+ 549.44	+ 900.64	+ 891.10	2.954 5512	2.949 9264	5.904 4776	80	25	60.2			
E	+ 176.10	+ 518.31	+ 248.84	2.714 5896	2.395 9202	5.110 5098	12	89	76.2			
							114	47	71.6	30	33	32.6
							30	33	32.6			
							84	14	39.0			
						Inhoud	42	07	19.5			

§ 149. **Berekening van inhouden door meting op de kaart.**

Reeds in § 81—84 is opgemerkt, dat het niet steeds aanbevelenswaardig is om bij het bepalen van de grootte van enig terrein, vooral wanneer dit een groot aantal bijzonder onregelmatig gevormde percelen bevat, de meting zodanig in te richten, dat de grootte direct met behulp der gevonden meetcijfers kan worden bepaald. In die gevallen toch zou het terreinwerk zulke afmetingen verkrijgen, dat de meting meestal te kostbaar zou worden. Men past daarom liever een methode toe, waarbij de inhouden door meting op de kaart kunnen worden berekend. Ter verkrijging van goede, betrouwbare uitkomsten zij men er dan echter op bedacht, van een nauwkeurige kaart gebruik te maken.

Vooral bij de grotere metingen maakt men bij voorkeur van deze wijze van inhoudsberekening gebruik.

§ 150. Bij het bepalen van de inhouden op de kaart kan men dezelfde wegen inslaan, als hiervoor zijn aangegeven voor de berekening met behulp der meetcijfers. Neemt men als algemeen voorbeeld een terrein aan, dat rondom wordt ingesloten door een veelhoeksnet, hetwelk in coördinaten gegeven is, dan wordt in de eerste plaats, met behulp dier coördinaten, de grootte van de veelhoek berekend. De gedeelten van het terrein, die binnen of buiten de veelhoek vallen, worden vervolgens berekend, waarna men de totaalgrootte van het terrein kan vaststellen.

Ontbreekt ook het bedoelde veelhoeksnet, dan kan men rondom het terrein op de kaart een gesloten veelhoek aanbrengen, van welks hoekpunten men de coördinaten volgens een willekeurig gekozen assenstelsel op de kaart kan meten, waarna de berekening op dezelfde wijze, als boven is aangegeven, kan uitgevoerd worden.

Eerst wanneer zekerheid is verkregen, dat de totaalinhoud van het terrein juist is vastgesteld, mag worden overgegaan tot de berekening der verschillende percelen. Elk perceel wordt daartoe zoveel mogelijk in een meetkundige figuur (of figuren) verdeeld, waarvan de inhoud gemakkelijk is te berekenen. Vooral driehoeken en trapezia zullen dus zoveel mogelijk gebezigd worden. Heeft men de inhoud te bepalen van een door rechte lijnen begrensde figuur, zo kan men die veelhoek door middel van „transformatie" tot een driehoek vervormen, zodat men dan alleen één basis en één hoogte heeft te meten.

Komen lange smalle percelen voor, dan moet men steeds de breedte dier percelen nauwkeurig meten, aangezien een fout in de breedte van zeer veel invloed zal zijn op de uitkomst. Moet men de inhoud van zulke percelen op de kaart berekenen, dan verdient het aanbeveling, om op het terrein de breedte dier percelen rechtstreeks te meten.

Heeft men ten slotte alle percelen berekend, dan moet de som van deze de totaalinhoud opleveren. Een eventuele correctie van de grootte der percelen wordt naar evenredigheid van hun grootte toegepast.

§ 151. **Bepaling van de grootte met behulp van planimeters.**

Onder planimeters verstaat men instrumenten, waarmede men de inhoud van enig perceel kan berekenen.

Men treft verschillende systemen van planimeters aan, van welke de pool-planimeter een der meest gebruikelijke is. De inrichting van de poolplanimeter is als volgt: zie fig. 104, welke een schematische voorstelling geeft van een zogenaamde compensatie-poolplanimeter.

Het instrument bestaat uit twee staven B en C, welke respectievelijk de naam van poolarm en van voerarm dragen. Aan de voerarm C bevindt zich aan het ene eind een raamwerk, waarin een as draait, aan

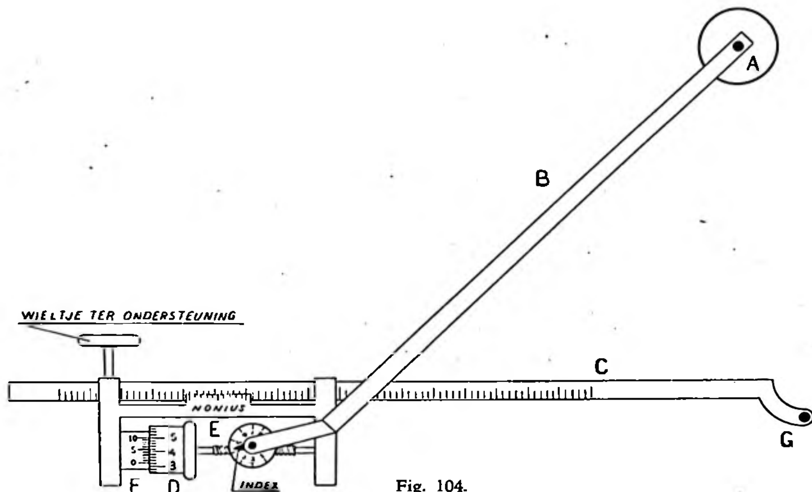


Fig. 104.

welke as een rolletje D is bevestigd, hetwelk over het papier glijdt. De as in het raam is voorzien van een schroefdraad, welke correspondeert met een tandradje E, dat een bepaald aantal deelstrepen, doorgaans 10 bevat, en hetwelk zich bij draaiing, beweegt langs een index.

Op het rolletje D is eveneens over het ronde oppervlak een verdeling aangebracht, terwijl zich bij F een nonius bevindt, waardoor D kan worden afgelezen. De voerarm is aan het andere uiteinde voorzien van een stift G met ondersteuning, waarmede de omtrek van de op te meten figuur wordt doorlopen. Het raamwerk kan langs de voerarm verschoven en met klemschroefjes hierop worden vastgezet.

De poolarm B is aan het ene uiteinde rechthoekig omgebogen en is met dat omgebogen uiteinde draaibaar in het raamwerk van de voerarm. Het andere eind van de poolarm is bezwaard met een gewicht A, opdat het instrument, eenmaal opgesteld, niet meer van plaats kan veranderen.

Ten slotte heeft bij deze planimeter de poolarm een zodanige lengte, dat de voerarm onder de poolarm door kan draaien. Men kan

deze beweging vergelijken met het doorslaan van de kijker bij een theodoliet en evenals bij de theodoliet, worden ook bij de compensatie-poolplanimeter eventueel aanwezige regelingsfouten daardoor geëlimineerd.

§ 152. Bij het gebruik van de planimeter doorloopt de stift G de omtrek van de op te meten figuur; hierdoor komt derhalve het raadje D in beweging en deelt zijn beweging mede aan het schijfje E. Met behulp van de aanwezige index en de nonius kan dus de omwenteling van D gemeten worden. Men zal bijvoorbeeld, vóór het doorlopen van de figuur, de index bij E zien aanwijzen tussen de cijfers 6 en 7, terwijl de nonius F aangeeft 435; de aflezing wordt dan genoteerd als 6435.

Is de gehele figuur doorlopen, dan is dus zowel E als D gedraaid en zal men als aflezing krijgen bijv. 7298. Het verschil nu, tussen deze beide aflezingen, moet vervolgens met een bepaalde coëfficient worden vermenigvuldigd om de grootte van de figuur te kennen. Deze coëfficient houdt verband met de schaal, waarop de figuur is getekend en men is in staat, door wijziging van de lengte van de voerarm, om deze coëfficient tot een rond getal te maken. Voor een bepaalde schaal heeft dus de voerarm een bepaalde lengte en de coëfficient een bepaalde waarde. Er blijkt dus uit, dat men het raamwerk langs de voerarm moet kunnen verstellen, opdat de lengte van de voerarm hare bepaalde waarde voor een zekere schaal kan verkrijgen.. De voerarm is daarom voorzien van een verdeling, terwijl zich op het raamwerk een index of nonius bevindt, waardoor de voerarm op het juiste cijfer is in te stellen.

De fabrikanten van poolplanimeters voorzien meestal het étui van het instrument van een lijstje, waarop is aangegeven de bijbehorende instelling van de voerarm, en de coëfficient voor de meest voorkomende schalen, zooals 1 : 1000, 1 : 2500, 1 : 2000, 1 : 4000, 1 : 5000, enz., waarmede het verschil der aflezingen moet vermenigvuldigd worden.

§ 153. Een der voornaamste eisen, waaraan de poolplanimeter moet voldoen, is de evenwijdigheid van de as van het rolletje D met het vlak gaande door de stift G en de omgebogen as van de voerarm B. Om dit te onderzoeken meet men een figuur twee malen op; de ene keer plaatst men de pool A zover mogelijk van de figuur en de tweede maal zo dicht mogelijk er bij. Krijgt men beide keren niet eenzelfde verschil in de aflezingen, dan moet, met behulp van aanwezige correctieschroefjes, de as van D een weinig versteld worden, totdat de aflezingsverschillen gelijk zijn.

Maakt men gebruik van een compensatie-poolplanimeter, dan kan men, door het doen van twee metingen met eenzelfde pool, in de gewone en in de doorgeslagen stand van de voerarm, de fout elimineren; het gemiddelde der twee verschillen geeft dan de juiste waarde aan.

Om na te gaan, of de lengte van de voerarm juist is, kan men een figuur met bekende inhoud doorlopen, waarbij dan het product van coëfficient en aflezingsverschil de bekende inhoud moet opleveren.

Bij het gewone gebruik van een poolplanimeter wordt het instrument zodanig opgesteld, dat de pool zich bevindt buiten de op te meten figuur. Wordt de figuur in de positieve draaiingsrichting doorlopen, dan trekt men in dit geval de eerste aflezing van de tweede af, en vermenigvuldigt het verschil met de juiste coëfficient.

Iets anders is het echter, indien de pool zich bevindt binnen de figuur. In zo'n geval vermindert men de eerste aflezing met de tweede, vermenigvuldigt het verschil met de coëfficient, en trekt daarna de gevonden grootte van een zeker bedrag af, hetwelk eveneens in het étui voor een bepaalde schaal is genoteerd, en meestal wordt aangeduid met de naam van „constante".

§ 154. Voor eenvoudige inhoudsbepaling is de zogenaamde **glasplanimeter** ook zeer aanbevelenswaard. Dit instrument bestaat uit een vlakke glasplaat, waarop een kwadraatnet van vierkante millimeters is getrokken. Het gebruik is zeer eenvoudig; men legt de plaat op de op te meten figuur (bijvoorbeeld een driehoek) en zorgt, dat een bepaalde lijn samenvalt met de basis. Op de plaat kan men terstond de lengte van de loodlijn aflezen, zodat men onmiddellijk de beide factoren, basis en hoogtelijn, kan bepalen. Ook ter bepaling van de inhoud van een trapezium gaat men op dezelfde wijze te werk; men bepaalt de lengten der twee evenwijdige zijden, zomede de hoogte, waarna de inhoud kan berekend worden.

Voor de inhoudsbepaling van kromlijnige figuren is deze planimeter echter minder geschikt.

In plaats van de licht breekbare glasplanimeter, kan in vele gevallen millimeter-calqueerpapier dezelfde dienst bewijzen.

§ 155. **Krimpen van papier.**

Het krimpen van het papier speelt soms een grote rol bij het bepalen der inhouden door meting op de kaart, vooral indien de kaart gekleurd is of bevochtigd is geweest. Het is daarom wenselijk bij sommige lijnen de opgemeten lengte te schrijven, waaruit de krimping enigermate kan worden afgeleid.

Tot hetzelfde doel brengt men vaak, tegelijk met de opwerking der kaart, een getekende schaal op de kaart aan, of men voorziet ze van een ruitennet.

Bij metingen, waarbij het op grote nauwkeurigheid aankomt, moet dus wel rekening worden gehouden met het krimpen van het papier.

§ 156. Moet men de inhoud van een terrein berekenen op een kaart, waarop de ruitlijnen van het coördinaten-net voorkomen, dan doet men verstandig door zoveel mogelijk van die ruiten gebruik te maken. Elke ruit heeft nl. een constante inhoud en men behoeft dus slechts die delen van het terrein op de kaart te meten, welke een deel van een ruit uitmaken. Uit de afmetingen van de ruit op de kaart kan men dan tevens de krimpingsfactor afleiden.

2de GEDEELTE.

WATERPASSEN.

§ 157. **Algemeen begrip.** Onder waterpassen verstaat men de bepaling van het hoogte-verschil tussen twee of meer punten. Tot een goed begrip van deze definitie is het nodig, dat een zeker vlak als vergelijkingsvlak wordt aangenomen, ten opzichte waarvan de hoogteligging der punten kan worden bepaald.

Dit vergelijkingsvlak nu is een **waterpasvlak of niveauvlak, d.w.z.** een vlak, dat in elk zijner punten rechthoekig staat op de richting der zwaartekracht. Zoals men weet, wordt de laatste aangegeven door de richting van een vrij hangend schietlood. Hieruit volgt dus, dat een niveauvlak een boloppervlak is, wanneer tenminste de aarde als een volkomen bol wordt beschouwd.

Wanneer nu twee punten in hetzelfde niveauvlak zijn gelegen, dan zegt men, dat die punten even hoog zijn gelegen; zijn de punten echter in verschillende niveauvlakken gelegen, dan geeft de verticale afstand tussen die vlakken het hoogteverschil aan.

In het volgende zal een niveauvlak beschouwd worden, dat zich in alle richtingen over een geringe afstand van hoogstens 100 m uitbreidt. In dit geval mag men met genoegzame nauwkeurigheid aannemen, dat het waterpasse vlak een horizontaal plat vlak is. Iets anders wordt het natuurlijk, wanneer datzelfde niveauvlak zich over een grotere afstand uitbreidt; het vlak is dan niet meer plat, doch vertoont een gebogen vorm.

Zolang dus de afstand tussen de punten, waarvan men het hoogteverschil wil bepalen, niet te groot is, kan men de niveauvlakken, door die punten gebracht, als platte vlakken beschouwen, welke evenwijdig aan elkaar zijn. Brengt men nu een derde vlak aan, als vergelijkingsvlak, evenwijdig aan de genoemde, en meet men de afstanden van de punten tot het derde vlak, dan kan men uit die gevonden waarden het hoogteverschil vinden der punten. Op deze handelwijze berust het waterpassen en tot de uitvoering hiervan maakt men gebruik van een waterpasinstrument en waterpasbaken.

HOOFDSTUK XII.

Waterpasinstrumenten en waterpasbaken.

§ 158. In zijn eenvoudigste vorm bestaat een waterpasinstrument uit een kijker, voorzien van een vizierinrichting en een buisniveau. De kijker kan om een verticale as draaien, en moet verder zodanig zijn

ingericht, dat de vizierlijn, bij draaiing van de kijker om de verticale as, een horizontaal vlak beschrijft. De bepaling van de afstanden der op te nemen punten tot het horizontale vlak, beschreven door de vizierlijn, geschiedt met behulp van waterpasbaken, waarop men dan de hoogte van de vizierlijn boven de punten afleest, zodra de baken op de bedoelde punten zijn gesteld.

§ 159. **Waterpasbaken.** Men maakt bij het waterpassen gebruik van zogenaamde waterpasbaken of baken.

De baak is een rechte lat, gewoonlijk ter lengte van drie meters, welke verdeeld is in decimeters en centimeters en soms ook in halve centimeters. Van onderen is de baak voorzien van ijzeren beslag, waarvan de dikte is begrepen in de lengte van de baak.

Het voetpunt van de baak is tevens het nulpunt van de verdeling (zie fig. 105). Is nu de vizierlijn van de kijker gericht op een bepaald punt van de baak, dan geeft het getal, bij dit punt geplaatst, de afstand aan van het voetpunt der baak tot aan de vizierlijn. Valt de vizierlijn tussen 2 deelstrepen in, dan moet, bij een verdeling der baak tot in centimeters, het aantal millimeters geschat worden.

Maakt men gebruik van een astronomische kijker en dit is vrijwel regel, dan moeten de cijfers omgekeerd op de baak zijn aangebracht, waardoor dus het omgekeerde beeld de cijfers in hun goede stand vertoont (fig. 105).



Fig. 105.

§ 160. Uit een en ander blijkt, dat ter verkrijging van goede uitkomsten tijdens het aflezen, het nodig is, de baken steeds zuiver verticaal te houden. Bij enige oefening is dit meestal voldoende op het gevoel te beoordelen; verlangt men echter een zeer grote nauwkeurigheid, dan is het gewenst, dat de baak voorzien wordt van een doosniveau of schietlood, waarmede de verticale stand van de baak kan beoordeeld worden. In sterk hellend terrein is het gebruik van een doosniveau meestal nodig.

Waterpasinstrumenten.

§ 161. a. **Waterpasinstrument, waarvan niveau en kijker vast zijn verbonden aan de drager** (fig. 106).

Een dergelijk waterpasinstrument bestaat in hoofdzaak uit een kijker, voorzien van een vizierinrichting en een buisniveau, hetwelk evenwijdig met de kijker is aangebracht. Beide zijn bevestigd op een drager, die draaibaar is om een as, die met behulp van stelschroeven verticaal kan worden gesteld. Ten einde gemakkelijk te kunnen constateren of de bel van het niveau inspeelt, is hierboven een draaibare spiegel aangebracht. Bij draaiing van kijker en niveau om de as, beschrijft de vizierlijn van de kijker een horizontaal vlak. Het instrument behoort te voldoen aan de volgende regelingsvoorwaarden:

1e. De richtlijn van het niveau moet evenwijdig lopen met de vizierlijn van de kijker.

2e. De richtlijn moet rechthoekig staan op de omwentelingsas (verticale as).

3e. De horizontale draad van het diaphragma moet loodrecht staan op de omwentelingsas.

Is het instrument geregeld en naar behoren opgesteld, dan moet de

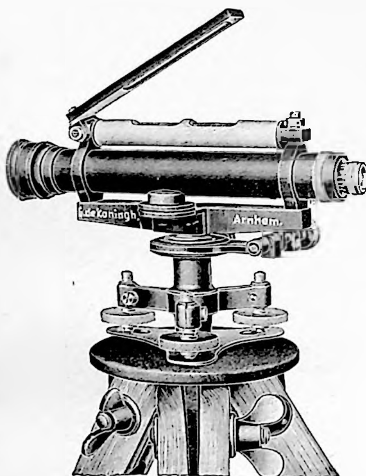


Fig. 106.

omwentelingsas verticaal staan, in welk geval de vizierlijn steeds een horizontaal vlak zal beschrijven.

§ 162. De hier genoemde eisen van regeling zijn niet alle even gewichtig; **de eerste eis, dat de richtlijn evenwijdig moet zijn aan de vizierlijn, is de voornaamste.** Is aan deze eis voldaan, dan kan men te allen tijde de vizierlijn een horizontaal vlak laten beschrijven, als men slechts zorgt, dat het niveau bij elke nieuwe stand van de kijker, als deze om de verticale as gedraaid wordt, inspeelt, en dit laatste kan men bereiken met behulp van de stelschroeven.

§ 163. Staat verder de horizontale draad van het diaphragma niet loodrecht op de verticale omwentelingsas, dan is men alleen gebonden aan de voorwaarde, dat men op de baak moet aflezen ter plaatse, waar het kruispunt der draden zich bevindt. Dit laatste zij verder toegelicht door de fig. 107. Men ziet het diaphragma hier op de baak geprojecteerd

en er blijkt uit, dat de horizontale draad A B niet loodrecht op de omwentelingsas van de kijker staat. De aflezing moet in dit geval plaats hebben ter plaatse van het punt O. Las men nl. af bij G, dan werd een fout gemaakt gelijk aan de afstand E G, terwijl men, aflezende bij H, een fout zou maken gelijk aan H F.

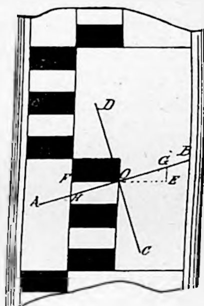


Fig. 107.

Om de juiste stand van de horizontale draad te beoordelen, richt men op een punt en laat langzaam daarna de kijker om zijn verticale as draaien. Hierbij moet de horizontale draad steeds het punt blijven bedekken.

§ 164. Ter bevordering van een vlug aflezen is het in de praktijk gewenst, dat de horizontale draad zijn juiste stand inneemt, in welk geval men niet genoodzaakt is om juist bij het kruispunt der draden af te lezen. Daar het diaphragma gewoonlijk in een bepaalde stand in de kijkerbuis is opgenomen, is het meestal nodig, dat op de een of andere wijze de kijkerbuis om haar lengteas enigszins kan gedraaid worden, zodat dus ook het diaphragma kan meedraaien.

Aan bijna alle instrumenten vindt men de een of andere inrichting, waardoor de bedoelde regeling wordt mogelijk gemaakt.

§ 165. Het waterpasinstrument, afgebeeld in fig. 108, voorzien van



Fig. 108.

een negatieve tussenlens, is van eenvoudige, doch stevige constructie en geeft bij deskundig gebruik zeer weinig aanleiding tot ontregeling van de vizierlijn. In de laatste jaren heeft het instrument nog een belangrijke verbetering ondergaan door het aanbrengen van de zogenaamde prisma-aflezing van het niveau.

§ 166. In fig. 109 is schematisch een voorstelling gegeven van een prisma-niveau. Het bestaat uit drie prisma's, welke boven het niveau zijn geplaatst; de gang der lichtstralen is als volgt:

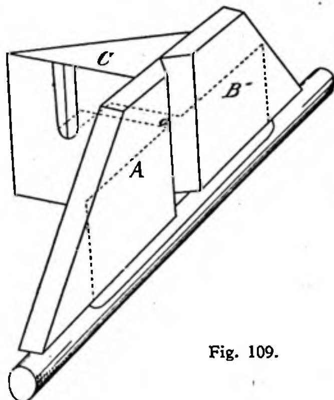


Fig. 109.

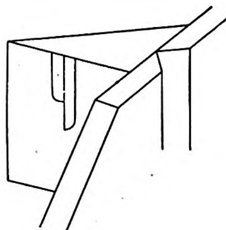
Uit het linker uiteinde van de bel van het niveau valt een lichtstraal op het als spiegel geconstrueerde hypothenusavlak van prisma A. De straal wordt teruggeworpen naar de schuine spiegel bij a en van daar naar het spiegelende hypothenusavlak van prisma C, waar wederom terugkaatsing plaats vindt naar de voorzijde van het prisma C.

Hetzelfde geschiedt met het rechter uiteinde van de bel, doch thans door het prisma B naar prisma C.

De beide prisma's A en B zijn zo geplaatst boven het buisniveau, dat slechts de helft van de bel (in haar lengterichting) wordt opgevangen in de prisma's.

Men ziet dus op het voorvlak van prisma C het beeld van de uiteinden van de bel naast elkaar.

Speelt de bel in, dan coïncideren de beide bel-uiteinden en het beeld verschijnt als in de figuur is aangegeven. Speelt de bel niet in, dan krijgt men een beeld als in fig. 110 is aangegeven.


Fig. 110.

Het voordeel van dit prismastelsel is vooral gelegen in de omstandigheid, dat thans, nauwkeuriger dan tot dusver, het inspelen van de bel kan worden beoordeeld. Verplaatst zich namelijk een bel-uiteinde over 1 mm, dan wordt de afstand van de beelden der bel-uiteinden op het prisma 2 mm en men ziet derhalve, dat de nauwkeurigheid bij het laten inspelen van de bel wordt verdubbeld.

In fig. 111 is een waterpasinstrument, voorzien van een prisma-aflezing voor het niveau, afgebeeld. Het instrument heeft, ter bevordering van het inspelen, een kipschroef. Zodra het instrument naar behoren is opgesteld met behulp van het doosniveau, wordt voor elke af-

lezing op de baak het niveau tot inspelen gebracht met behulp van deze kipschroef.

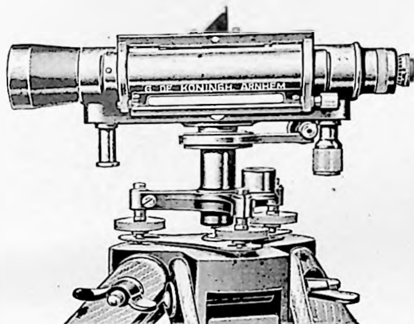


Fig. 111.

Een nieuwere vorm van waterpasinstrument, hetwelk op dezelfde beginselen berust als het voorgaande, is afgebeeld in fig. 112. Dit instrument heeft echter geen kipschroef; het geheel ingebouwde prismastelsel bevindt zich links van het oculair. Aan de onderzijde is een overdekte

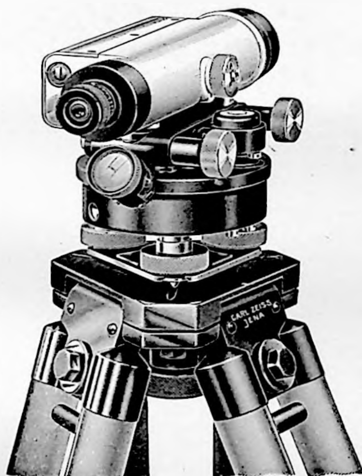


Fig. 112.

horizontale rand aangebracht met nonius en loupe, waardoor het mogelijk wordt ook hoeken te meten.

§ 167. Zoals reeds gezegd, is de eerste eis van regeling de voornaamste. Is nl. de vizierlijn niet evenwijdig met de richtlijn, dan zal men,

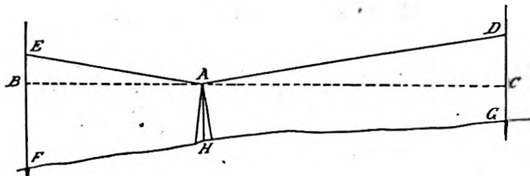


Fig. 113.

al naar de afstand, waarop de baak van de kijker is verwijderd, een meer of minder grote fout maken. In fig. 113 stelt A een waterpasinstrument voor, terwijl bij F en bij G baken zijn opgesteld. Aan alle eisen, waaraan een waterpasinstrument moet voldoen, is voldaan, behalve aan de eis, dat de vizierlijn evenwijdig is aan de richtlijn. Speelt nu het niveau in, dan zal men op de baak F aflezen een afstand E F en op de baak G een afstand D G. Het verschil tussen beide aflezingen zal, voor 't geval de afstanden **A B en A C niet gelijk zijn, niet** het ware hoogteverschil der 2 punten geven, hetgeen gemakkelijk

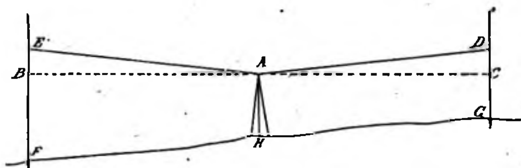


Fig. 114.

uit de figuur blijkt. Stelt nl. B C de richtlijn voor, dan is het hoogteverschil der punten F en G gelijk aan B F—C G. Aangezien nu △ B A E gelijkvormig is met △ C A D, zal de verhouding van B A en A C gelijk zijn aan die van B E en D C. Is dus B A kleiner dan A C, dan is ook B E kleiner dan D C en is dus ook het verschil tussen F E en D G niet meer gelijk aan het ware hoogteverschil der twee punten. Alleen voor het geval A B even groot is als A C, (zie fig. 114), zal ook B E gelijk zijn aan D C en dus is dan ook F E—D G het gevraagde hoogteverschil.

Met een ongeregeld instrument kan men derhalve het hoogteverschil bepalen tussen twee punten, indien men slechts zorgt, dat het instrument juist in het midden tussen de twee punten wordt geplaatst. Dit noemt men: waterpassen uit het midden.

§ 168. In de practijk evenwel is het niet steeds mogelijk, om uit

het midden te waterpassen; derhalve is het nodig om het instrument te regelen. Op welke wijze nu een waterpasinstrument wordt geregeld, waarvan het niveau vast verbonden is met de kijker, kan blijken uit het volgende: (zie fig. 115).

Men slaat op het terrein twee piketten A en B in de grond en stelt het instrument op, juist midden tussen de twee piketten in. Vervolgens leest men af bij inspelende bel op de baken, die op de piketten A en B worden gehouden. Leest men nu af op baak A een afstand H en op de baak B een afstand *h*, dan is het juiste hoogteverschil gelijk aan H—*h*. Ten einde geen abuis te verkrijgen, stelt men het instrument nogmaals op en herhaalt de aflezing. Vervolgens plaatst men het instrument bij D, op enige afstand achter een der baken en leest wederom af bij inspelen-

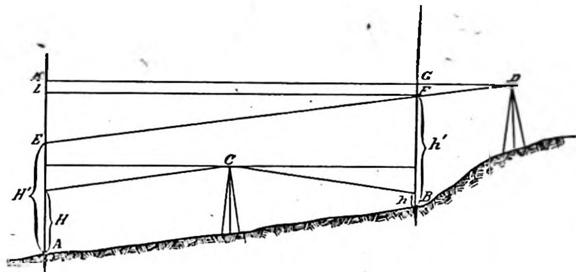


Fig. 115.

de bel. Men heeft dus nu op een zeer grote afstand van het instrument een baak staan en op een zeer kleine afstand een baak, waardoor een eventuele fout in de stand van de vizierlijn ten opzichte van de richtlijn, zich zo ongunstig mogelijk openbaart. Zij de aflezing op de baak A = H' en die op die de baak B = *h'*, dan zal, bij een ongeregeld instrument, het verschil der beide aflezingen, H' — *h'*, niet meer gelijk zijn aan H — *h*. Leest men op de baak B af *h'* dan zou men op de baak A moeten aflezen $h' + H - h$. Men leest echter af H', waaruit volgt, dat de afstand $LE = h' + H - h - H' = (H - h) - (H' - h')$. (Dit is dus het verschil tussen het ware hoogteverschil en het tweede hoogteverschil).

De vizierlijn zal in dit geval moeten rijzen, doch niet over een afstand L E, doch over een afstand K E, want de vizierlijn draait als het ware om het punt D en niet om het punt F.

De afstand K E kan echter gemakkelijk berekend worden, want △ L F E is gelijkvormig met △ K D E, dus L E : L F = K E : K D.

In deze vergelijking kent men L E (nl. $(H - h) - (H' - h')$).

L F en K D kunnen door lengtemeting op het terrein bepaald worden, zodat dus K E de onbekende is, die opgelost kan worden.

Met een voorbeeld zal dit verduidelijkt worden. De afstand tussen A en B wordt op het terrein bepaald op 100 m. Op een afstand van

50 m wordt het instrument opgesteld en men vindt voor de aflezing op A 1.232 en op B 1.104. Het hoogteverschil is dus 0.128.

Vervolgens wordt, op een afstand van 10 m achter B, het instrument opgesteld en verkrijgt men de volgende aflezingen: op A 1.376 en op B 1.369. Het hoogteverschil bedraagt dan 0.007.

De uitdrukking (H — *h*) — (H' — *h'*) wordt thans:

$$0.128 - 0.007 = 0.121.$$

Voert men de gevonden waarden in de vergelijking:

$$LE : LF = KE : KD$$

in, dan wordt deze:

$$0.121 : 100 = x : 110$$
$$100\,x = 13.31$$
$$x = 0.133.$$

De aflezing op A moet dus gebracht worden op:

$$1.376 + 0.133 = 1.509,$$

waarna men op B zal aflezen:

$$1.369 + \frac{10}{110} \times 0.133 = 1.369 + 0.012 = 1.381.$$

Het hoogteverschil bedraagt dus thans weer 0.128.

Om de aflezing op 1.509 te brengen, wordt het diaphragma met behulp der correctieschroeven zoveel verplaatst, totdat het kruispunt der draden bij inspelende bel samenvalt met genoemde aflezing.

In welke zin de vizierlijn moet verplaatst worden, dus òf naar beneden, òf naar boven, kan gemakkelijk worden nagegaan, indien men de aflezingen twee aan twee met elkaar vergelijkt. Het behoeft natuurlijk geen betoog, dat bij deze correctie de bel van het niveau steeds moet inspelen.

§ 169. Een andere, eenvoudiger methode tot het regelen der vizierlijn is de volgende:

Men begint op dezelfde wijze als hiervoren is aangegeven bij de bepaling van het juiste hoogteverschil tussen de piketten A en B.

Daarna stelt men het instrument op boven B zodanig, dat het oculair zich juist boven piket B bevindt.

Nadat de bel tot inspelen is gebracht meet men thans rechtstreeks de afstand van de kop van het piket tot aan het midden van het oculair; praktisch heeft men dan gemeten de hoogte van de vizierlijn boven piket B.

Door nu het hoogteverschil van A en B bij de gemeten afstand te tellen, verkrijgt men de juiste waarde van de afstand van de vizierlijn tot de kop van piket A.

Leest men vervolgens bij inspelende bel op de baak bij A af en verkrijgt men niet de berekende waarde, dan blijkt de vizierlijn niet evenwijdig te zijn met de richtlijn en men moet het diaphragma dan zoveel verstellen, totdat de berekende waarde op de baak wordt afgelezen.

§ 170. *b.* **Waterpasinstrument, voorzien van een Reversieniveau.**

De instrumenten, welke tot dusver werden besproken, waren alle voorzien van gewone buisniveaux. Er bestaan echter nog andere niveaux, welke bekend zijn onder de naam van **reversie-niveaux.** Een reversie-niveau is inwendig ton-vormig uitgeslepen en is aan twee

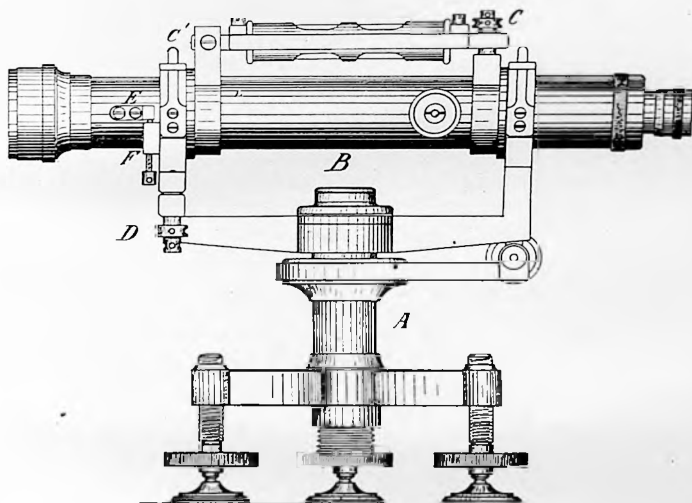


Fig. 116.

zijden voorzien van een verdeling, tengevolge waarvan men dus twee richtlijnen aantreft, welke evenwijdig met elkaar behoren te zijn.

§ 171. In fig. 116 is een waterpasinstrument voorgesteld, hetwelk voorzien is van een reversie-niveau. Het instrument bestaat in hoofdzaak uit twee delen, nl. de voet A en de kijker met niveau B. De drager eindigt aan beide zijden in vorken, waarin de kijker draaibaar en omlegbaar is.

Het reversie-niveau is aan de kijker verbonden, terwijl met de correctieschroeven C en C' de stand der richtlijnen ten opzichte van de kijkeras is te wijzigen.

Verder bevinden zich nog aan een der vorken de schroeven D, waarmede het mogelijk is om de kijkeras meer of minder diep in de vork te laten zakken, terwijl aan de kijker een nok E is bevestigd, welke, in normale stand van de kijker, rust tegen het schroefje F, hetwelk bevestigd is aan de vork.

Fig. 117 geeft de afbeelding weer van een dergelijk instrument, zoals het in de handel wordt gebracht.

§ 172. De regeling vindt als volgt plaats:
In de eerste plaats wordt opgemerkt, dat de regeling van het niveau plaats vindt ten opzichte van de as der tappen, waaruit volgt, dat ongelijke tapdikte geen nadelige invloed heeft. **Een groot voordeel** dus.

Ten einde het instrument te regelen, wordt de bel tot inspelen gebracht, waarna de kijker 180° om zijn lengteas wordt gedraaid. Een eventuele uitwijking wordt voor de helft weggenomen met de correctieschroef C, waarna de bel weer met behulp der stelschroef tot inspelen wordt gebracht.

Vervolgens wordt de kijker 90° om zijn lengteas gedraaid en gaat men de uitwijking der bel na, die thans optreedt. Wijkt de bel uit, dan

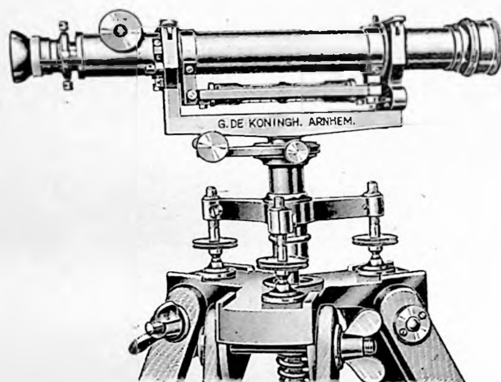


Fig. 117.

wordt de fout geheel opgeheven met behulp van de correctieschroef C'. De beide correcties worden afwisselend herhaald, totdat de bel in alle standen inspeelt, zonder dat de kijker in de vorken wordt omgelegd.

Daarna wordt de kijker gecentreerd, zodat thans, in de veronderstelling, dat de richtlijnen zuiver evenwijdig zijn, de vizierlijn evenwijdig is met de richtlijnen.

Om de richtlijn loodrecht te stellen op de verticale as, wordt het niveau boven een der stelschroeven zuiver tot inspelen gebracht, waarna het instrument 180° wordt gedraaid om zijn verticale as. Speelt het niveau niet meer in, dan geeft de uitwijking der bel het dubbele van de fout aan in de niet loodrechte stand van de verticale as. Met behulp van de vorkschroeven D wordt de helft der uitwijking opgeheven, waarna de bel weer boven de stelschroef tot inspelen wordt gebracht.

Ten slotte kan men, door de schroef F in of uit te draaien, de kijker een kleine draaiende beweging om zijn lengte-as geven, ten einde de horizontale draad van het diaphragma loodrecht op de verticale as te stellen.

§ 173. Van alle instrumenten, welke met losse kijkers in vorken rusten, zijn die, welke voorzien zijn van een reversie-niveau, wel de meest nauwkeurige.

Voldoet het niveau nl. aan de eis, dan elimineert men alle regelingsfouten door het doen van twee aflezingen in twee kijkerstanden (nl. één met het niveau onder en één met het niveau boven) volkomen, hetgeen gemakkelijk uit het voorgaande is af te leiden. Een bijzonder groot voordeel is wel de omstandigheid, dat ongelijke tapdikte geen nadelige invloed heeft, zelfs al zouden de tappen ook beschadigd zijn. De hoofdzaak is echter de zuivere evenwijdigheid der richtlijnen. Een fout hierin kan **niet** geëlimineerd worden, waarom het raadzaam is, om bij het aanschaffen van zo'n instrument, dit van te voren na te gaan. Men kan hierbij twee wegen inslaan.

§ 174. Nadat het instrument naar behoren geregeld is, kan men op dezelfde wijze, als is aangegeven in § 168, nagaan of de richtlijnen evenwijdig zijn met de vizierlijn.

Bij de andere methode echter, die over 't algemeen nauwkeuriger resultaten oplevert, moet het niveau zodanig aan de kijker bevestigd zijn, dat de uiteinden verwisseld kunnen worden.

Het onderzoek geschiedt dan als volgt:

Men leest op een baak af in twee kijkerstanden, beide keren natuurlijk bij inspelende bel. Men verricht op deze wijze enige aflezingen, na voor elk stel waarnemingen het niveau opzettelijk te hebben ontregeld. Vervolgens wordt het niveau losgeschroefd, de uiteinden verwisseld en op dezelfde wijze een gelijk aantal paren aflezingen verricht als de eerste keer.

Is de kijker goed gecentreerd, dan zal men voor elk stel aflezingen nagenoeg eenzelfde gemiddelde aflezing vinden.

Vergelijkt men nu de beide eindgemiddelden, dan moeten deze gelijk zijn. Zijn ze dit niet, dan maken de richtlijnen een hoek met elkaar, die bepaald kan worden door het verschil der beide eindgemiddelden te delen door de afstand van instrument tot baak, en dit quotient te vermenigvuldigen met 206265″.

§ 175. *c.* **Waterpasinstrument met draaibare en omlegbare kijker en vast niveau aan de drager. (Systeem Egault).**

Dit instrument bestaat in hoofdzaak uit twee samenstellende delen: zie fig. 118.

Aan het voetstuk A is een drager B bevestigd, waaraan het buisniveau C is verbonden. De drager eindigt aan beide zijden in vorken, waarin de kijker D draaibaar is. De inrichting is verder zodanig, dat de kijker ook in de vorken kan worden omgelegd. Verder bevinden zich nog de volgende kleine onderdelen aan het instrument.

De kijker is aan het ene einde voorzien van een nok N, die, in de normale stand van de kijker, rust tegen het schroefje E, hetwelk draaibaar is in een moer, die vast verbonden is met de vork. Het schroefje F (fig. 118 en 119) dient om de kijkeras en hogere of lagere

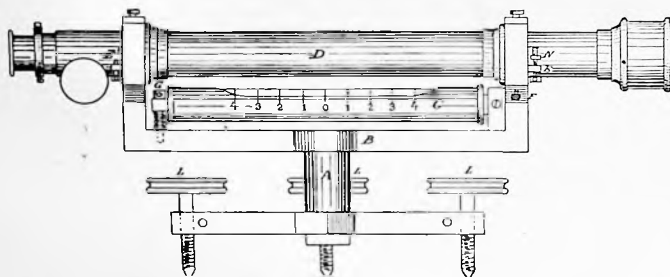


Fig. 118.

stand in de vork te kunnen geven, terwijl op elke vork een dekplaat aanwezig is om de kijker te bevestigen in de vork. Tenslotte is, voor het regelen van het buisniveau, de correctieschroef G aanwezig (fig 118).

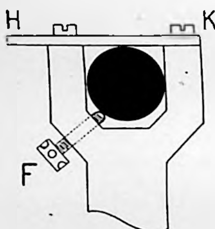


Fig. 119.

§ 176. De regeling wordt als volgt uitgevoerd (vergel. § 34):

Nadat de verticale as van het instrument met het ongeregelde niveau zo goed mogelijk verticaal is gesteld, wordt het niveau geregeld. Vervolgens wordt de kijker op de reeds bekende wijze gecentreerd, dus door het verrichten van twee aflezingen op een baak, in twee standen van de kijker.

Is nu de mechanische as van de kijker evenwijdig met de richtlijn, dan zal, bij inspelende bel, ook de vizierlijn evenwijdig zijn met de richtlijn, omdat de vizierlijn samenvalt met de mechanische kijkeras.

Men kan zich nu van die evenwijdigheid overtuigen door de tappen van de kijker te verwisselen, zonder de kijker om zijn as te draaien, en opnieuw op de baak af te lezen. Waar dus eerst het oculair was, komt nu het objectief en omgekeerd. Men zal nu, voor het geval de vizierlijn evenwijdig is met de richtlijn, de tweede maal eenzelfde aflezing moeten verkrijgen als de eerste maal. Zijn de aflezingen niet gelijk, dan is er ook geen evenwijdigheid tussen richt- en vizierlijn. Het valt gemakkelijk in te zien, dat het gemiddelde der twee aflezingen bij inspelende bel de horizontale richting aangeeft, want zoveel men de eerste keer bijvoorbeeld te hoog aflas, zoveel zal men de tweede keer te laag aflezen.

Om nu de vizierlijn te brengen op de gemiddelde aflezing, wordt, met behulp van de correctieschroeven F, in fig. 119, de kijkeras zoveel hoger of lager gesteld, totdat men de gewenste aflezing heeft verkregen.
Ten slotte moet worden nagegaan, of de horizontale draad van het diaphragma loodrecht staat op de verticale as. Dit geschiedt weer op de reeds bekende wijze en de correctie wordt uitgevoerd met de schroefjes E, waardoor de nok N hoger of lager wordt gesteld, tengevolge waarvan de kijker draait om zijn lengteas.
Heeft de correctie plaats gehad met de schroefjes E, dan geschiedt hetzelfde met de schroefjes E′, waarbij de kijker dus in de vorken wordt omgelegd.

§ 177. Het gebruik van het instrument volgt thans gemakkelijk uit het voorgaande.
Men verricht nl. voor elk punt twee aflezingen bij inspelende bel, zodanig, dat voor de tweede aflezing de kijker wordt omgelegd en tevens om zijn lengte-as wordt gedraaid. Het gemiddelde van beide aflezingen is dan de juiste.

§ 178. Evenals bij alle instrumenten, die een draaibare en omlegbare kijker hebben, is ook hier van de veronderstelling uitgegaan, dat de tappen van de kijkeras gelijke middellijnen hebben. Een fout hierin kan **niet** geëlimineerd worden, zodat men, alvorens een dergelijk instrument aan te schaffen, moet nagaan of aan deze voorwaarde is voldaan. Het gemakkelijkst onderzoekt men dit met een los ruiterniveau, of, bij gebreke hiervan, op de wijze als bij het instrument, met vaste kijker in § 168 is beschreven. Alvorens echter tot deze proef over te gaan, moet het niveau zuiver worden geregeld.

§ 179. Practisch gesproken komen slechts twee systemen van waterpasinstrumenten in aanmerking, welke aan de te stellen eisen voldoen; deze zijn de instrumenten, genoemd in §§ 161—174.

HOOFDSTUK XIII.

Het Waterpassen.

§ 180. Zoals reeds in het voorgaande is medegedeeld, geschiedt de bepaling van het hoogteverschil tussen twee punten op de volgende wijze.
Nadat op beide punten de waterpasbaken zijn opgesteld en het instrument juist tussen de twee punten in is geplaatst, leest men op beide baken achtereenvolgens bij inspelende bel af. Het verschil der beide aldus verkregen aflezingen geeft dan het gevraagde hoogte-verschil.
Bij een dergelijke handelwijze wordt dus verondersteld, dat het horizontale platte vlak, dat beschreven wordt door de vizierlijn van de kijker, een waterpasvlak is, terwijl de punten der baken, waarop de vizierlijn is gericht, in dat waterpasse vlak zijn gelegen.

Deze onderstelling is echter, tengevolge der aardkromming en van de straalbuiging onjuist. Het gegronde van deze bewering zal worden aangetoond in het volgende.

§ 181. Aardkromming.

Opgemerkt werd reeds, dat de waterpasse vlakken, tengevolge van de gebogen vorm der aarde, geen platte vlakken, doch gebogene zijn. Men kan die vlakken, indien de aarde als bolvorming wordt aangenomen, beschouwen als delen van een boloppervlak. De doorsnede van het verticale vlak, gaande door de vizierlijn van de kijker, met het niveauvlak, is dus een cirkel. In fig. 120 is die cirkel sterk overdreven klein voorgesteld, ten einde de invloed der aardkromming zo duidelijk mogelijk te laten zien. De vizierlijn van de kijker C is een rechte lijn, die loodrecht staat op de vertikaal en welke tevens een raaklijn is in het punt C aan de cirkel. Zijn nu bij A en bij B baken geplaatst op het aardoppervlak, dan geeft op de baak, in A geplaatst, de afstand d A het hoogteverschil aan tusschen A en C. Op de baak leest men met het instrument echter af een afstand A D, zodat dus een fout wordt gemaakt gelijk aan D d. De afstand D d wordt te veel afgelezen. De grootte van deze fout kan berekend worden op de volgende wijze.

Fig. 120.

De loodlijn D A wordt door het middelpunt van de cirkel verlengd, tot ze de omtrek snijdt in F. Verbindt men nu d met C, en F met C, dan is Δ D d C gelijkvormig met Δ D C F, dus D C : D F = D d : D C, waaruit volgt $DC^2 = Dd \times DF = Dd \times (Dd + 2R)$.

Ten opzichte van de middellijn van de cirkel is D d evenwel zo gering, dat deze verwaarloosd kan worden, tengevolge waarvan de vergelijking overgaat in: $DC^2 = Dd \times 2R$. Is nu de afstand D C bekend, b.v. door lengtemeting, dan kan D d berekend worden; deze is nl.:

$$\frac{DC^2}{2R} = \frac{DC^2}{12765300} \text{ m},$$

indien de straal der aarde wordt aangenomen op 6382650 m.

Neemt men	D C	=	100 m,	dan	wordt	D d	0.78 mm.
„	„	„ =	200 „	„	„	„	3.1 „
„	„	„ =	300 „	„	„	„	7 „
„	„	„ =	500 „	„	„	„	19.6 „
„	„	„ =	1000 „	„	„	„	78.5 „

Men ziet hieruit, dat voor een afstand van 100 m de invloed der aardkromming nog beneden een mm blijft, doch dat bij grotere afstanden die invloed zich vrij sterk doet gevoelen en zeer snel toeneemt.

§ 182. **Straalbuiging.** Ten gevolge van de ongelijke dichtheid der luchtlagen komen lichtstralen uit een willekeurig punt niet in rechte lijnen tot ons, doch volgens gebogen lijnen, die de holle kant naar de aarde keren. Zodoende zijn alle voorwerpen schijnbaar hoger gelegen dan in werkelijkheid het geval is. De invloed der straalbuiging is niet steeds even groot, doch hangt ten nauwste samen met de verandering in dichtheid der luchtlagen en met de temperatuur.

§ 183. Een ander verschijnsel, dat zeer veel overeenkomst vertoont met de straalbuiging is de z.g. **deining of onrust der beelden.**

Wanneer de luchtlagen niet in evenwichtstoestand verkeren, dan zullen ook de lichtstralen, die van een bepaald voorwerp uitgaan, telkens weer anders gebroken worden; ze doen zich dus aan ons oog voor, alsof het voorwerp in een voortdurende op- en neergaande beweging is. Dit verschijnsel treedt vooral des zomers, bij felle zonneschijn, zeer hinderlijk op; menigmaal zo erg, dat de beelden totaal niet waar te nemen zijn.

§ 184. Tengevolge van de hier bedoelde invloeden blijkt, dat, wanneer de horizontale vizierlijn van de kijker (fig. 120) op de baak gericht wordt, men niet in het punt D zal aflezen, doch in een lager gelegen punt G, omdat de lichtstraal, die in horizontale richting in de kijker komt, een gebogen weg heeft doorlopen, waarvan de holle kant naar de aarde toe is gekeerd. Het gevolg is dus, dat men de afstand D G te weinig afleest. Deze fout kan op overeenkomstige wijze berekend worden als de fout door de aardkromming teweeggebracht. De straal van de cirkel is dan enige malen groter dan de straal der aarde.

Uit onderzoekingen is gebleken, dat de fout, veroorzaakt door de straalbuiging, ongeveer het een zevende deel bedraagt van die, teweeggebracht door de aardkromming. Eerstgenoemde fout heeft dan evenwel het tegengestelde teken van de tweede.

§ 185. **Waterpassen uit het midden.**

Na het vorenstaande zal men gemakkelijk inzien, dat men, door steeds uit het midden te waterpassen, de fouten, veroorzaakt door de aardkromming en door de straalbuiging, kan elimineren.

Weliswaar maakt men bij beide aflezingen fouten, doch deze fouten hebben hetzelfde karakter, zodat ze tegen elkaar wegvallen en men dus toch het juiste hoogteverschil verkrijgt. Daar men verder in de practijk de afstanden van baak tot instrument zelden groter neemt dan 125 m, is *de invloed van aardkromming en straalbuiging op die afstand van zo geringe betekenis, dat deze gerust verwaarloosd kan worden.*

De voornaamste reden, waarom men bij enigszins nauwkeurige waterpassingen steeds uit het midden waterpast, is dan ook deze, dat door deze handelwijze eventuele regelingsfouten van het instrument worden geëlimineerd. Alleen voor het geval het instrument **volkomen zuiver geregeld** is, of men kan de regelingsfouten door het doen van een tweede meting voor elke baak afzonderlijk elimineren, behoeft men zich niet angstvallig aan het waterpassen uit het midden te houden.

§ 186. Aaneengeschakelde waterpassing.

In het vorenstaande werd tot dusver uitsluitend het hoogteverschil bepaald tussen twee punten, die betrekkelijk dicht bij elkander lagen, zodat beide punten vanuit één enkel opstellingspunt konden worden waargenomen. In vele gevallen wenst men het hoogteverschil te kennen tussen twee punten, die op een zodanige afstand van elkander liggen, dat waterpassen uit het midden niet meer mogelijk is. Ook kan het geval zich voordoen, dat het hoogteverschil meer bedraagt dan de lengte der baken, zodat niet op een der baken kan worden afgelezen.

In deze gevallen moet men overgaan tot een aaneengeschakelde waterpassing.

In fig. 121 moet het hoogteverschil bepaald worden tussen de punten A en B. Daartoe neemt men enige tussenpunten C, D, E en F zo-

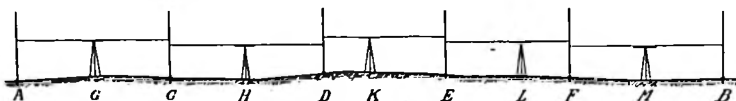


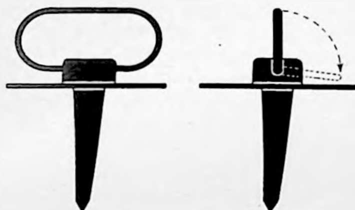
Fig. 121.

danig, dat het onderlinge hoogteverschil dier punten door waterpassen uit het midden kan worden bepaald. De hoogte van C bepaalt men dus ten opzichte van A, vervolgens de hoogte van D ten opzichte van C, enz. De algebraïsche som der vijf hoogteverschillen geeft dan het gevraagde hoogteverschil tussen A en B.

De tussenpunten C, D enz. kunnen willekeurig gekozen worden, waarbij men er echter zoveel mogelijk op bedacht moet zijn, dat juist het midden tussen twee punten een geschikte opstellingsplaats levert voor het instrument. Kan dit om de een of andere reden niet plaats hebben, dan is men genoodzaakt om op ongelijke afstanden te waterpassen. Dit doet zich in het hier bedoelde geval voor bij K, en men heeft dus kans een fout te maken in de bepaling van het hoogteverschil der punten D en E. Zorgt men nu echter, bij de volgende opstelling in L, dat de afstand L E even groot als K E en de afstand L F even groot als D K wordt, dan zal men de fout, (zo die aanwezig was) weer hebben geëlimineerd.

§ 187. Bij een dergelijke aaneengeschakelde waterpassing is het natuurlijk van het grootste belang, dat de punten C, D, enz. tijdens de meting niet van hoogte kunnen veranderen. **Het is derhalve onvoldoende, indien de baken gewoon op de grond worden gehouden.** Bij de noodzakelijke draaiing van de baak om haar lengte-as, wanneer de waarnemer van opstellingplaats verandert, kan in zo'n geval gemakkelijk de hoogteligging veranderen van het punt. Om dit te voorkomen, is het 't eenvoudigst om een houten piketje in de grond te slaan. waarop dan de baak kan gehouden worden.

Gemakkelijker en nauwkeuriger is echter het in fig. 122 voorgestelde ijzeren waterpaspiket. Het is een ijzeren bout, die van boven bolvormig is afgerond en voorzien van een ijzeren beugel, waarmede het piket kan opgetrokken worden. Het piket wordt met een houten hamer in de grond geslagen. De baak wordt steeds op het hoogste punt van het piket gehouden.


Fig. 122.

§ 188. Het bepalen van het hoogteverschil tussen twee punten, van uit één standplaats, noemt men een **slag**. De waterpasbaak en het piket, die bij het waterpassen zich bevinden in de richting, waarin de waterpassing wordt uitgevoerd, noemt men **voorbaak** en **voorpiket**; de andere **achterbaak** en **achterpiket**.

Daar het gemakkelijk kan voorkomen, dat de beide baken, die bij de waterpassing gebruikt worden, niet even nauwkeurig zijn verdeeld, is het gewenst, dat, bij het veranderen van standplaats door de waarnemer, de baak, die het laatst voorbaak was, bij de daarop volgende slag achterbaak wordt, teneinde de ongelijke verdeling der baken op deze wijze te elimineren.

Vervolgens moet men bij het verrichten ener aaneengeschakelde waterpassing er op letten, dat de som der afstanden van de achterbaak tot het instrument steeds gelijk is aan de som der afstanden van de voorbaak tot het instrument. Houdt men streng aan deze regel vast, dan zullen de resultaten zo gunstig mogelijk zijn.


Fig. 123.

§ 189. Bij het richten van de kijker moet men nimmer verzuimen, de parallax weg te nemen, aangezien hierdoor vrij grote aflezingsfouten kunnen ontstaan. Wanneer men steeds op gelijke afstanden waterpast, dan kan men dus voor eens het instrument naar behoren instellen; om zo nauwkeurig mogelijk te werken, is het tevens gewenst om in zo'n geval de oculairbuis niet te verschuiven, om te voorkomen, dat de vizierlijn enigermate afwijkt. Ten einde goed te kunnen nagaan, of de bel tijdens de aflezing inspeelt, wordt dikwijls boven het niveau een spiegel aangebracht (zie fig. 106 en 108).

De baken moeten bij het aflezen steeds zuiver vertikaal worden gehouden, omdat men bij een niet loodrechte stand steeds te veel zal aflezen. Vele waterpasbaken zijn daarom voorzien van een schietlood of een doosniveau (zie fig. 123).

Beschikt men niet over een dezer hulpmiddelen en is de baakhouder niet voldoende geoefend, om de loodrechte

stand van de baak op het gevoel te kunnen beoordelen, dan kan deze de baak beurtelings een weinig voor- en achterover laten hellen in de richting van de waarnemer. De kleinste aflezing, die men dan verkrijgt, is de juiste.

Ten slotte moet men rekening houden met het optisch vermogen van het instrument bij het bepalen van de grootte der slagen. Bij een goed waterpasinstrument bedraagt de afstand, waarop men onder normale omstandigheden nog met voldoende nauwkeurigheid tot in mm op de baak kan aflezen $\pm$ 100 m, doch bij instrumenten, waarvan de kijker minder goed is, of waarvan het niveau niet bijzonder gevoelig is, zal die afstand vaak niet meer dan $\pm$ 60 m mogen bedragen.

§ 190. Alles bijeengenomen worden de volgende practische wenken bij het waterpassen aanbevolen:

1. Behandel het instrument steeds voorzichtig en vermijd tijdens het transport alle schokken.

2. Monteer het instrument bij het beginnen goed op het statief, stel het statief vast in de grond op met behulp van het doosniveau van het instrument, draai de klemschroeven van het statief vast en stel de omwentelingsas van het instrument vertikaal.

3. Stel de kruisdraden scherp in en verwijder een eventuele parallax in de kijker, nadat op de baak is gericht.

4. **Lees alleen af bij inspelende bel.**

§ 191. **Contrôle op de waterpassing.** Evenals bij elke meting is het nodig, dat ook op de waterpassing contrôle kan uitgeoefend worden. Gaat men b.v. bij een waterpassing uit van een punt A (fig. 124) en bepaalt men achtereenvolgens de hoogte der punten B, C, D, E, F en G, dan kan men de contrôle verkrijgen, door van uit G weer aan te sluiten op het punt A.

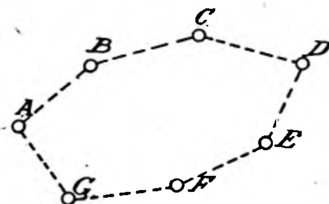


Fig. 124.

Een dergelijke waterpassing noemt men **kringwaterpassing.**

Was het alleen de bedoeling om de hoogte van het punt D te weten, dan zou men deze kunnen bepalen, door van uit A te beginnen en als laatste punt op te nemen het punt D. Men heeft dan echter geen contrôle en het is dus nodig, dat òf de waterpassing nogmaals verricht wordt, òf dat men, van uit D beginnende, weer aansluit op A. Deze laatste waterpassing noemt men **terugwaterpassing.**

Moet men het hoogteverschil bepalen tussen twee punten, die op een grote afstand van elkaar liggen, dan is het nodig, dat op bepaalde afstanden, b.v. van 500 à 1000 m vaste punten, zoals dekstenen van duikers, hectometerpalen langs de Rijkswegen, dorpels van deuren, of andere vaste punten, die onderweg in het oog lopen, in de waterpassing worden opgenomen. Door een nonchalance van een der baakhouders toch

kan gemakkelijk een fout worden begaan in de waterpassing en men zou, indien geen vaste punten waren opgenomen, dus feitelijk weer van voren af aan moeten beginnen.

Heeft men daarentegen de genoemde vaste punten mede opgenomen, dan kan men weer van het laatste uitgaan, zonder de vorige opnieuw te behoeven op te nemen. Is men nu tot het te bepalen punt genaderd en begint men met de terugwaterpassing, dan neemt men diezelfde vaste punten onderweg weer op, en men kan, zodra de waterpassing is afgelopen, onmiddellijk nagaan, indien eventueel de twee metingen niet met elkaar sluiten, in welk gedeelte van de afgelegde weg de fout schuilt, zodat men alleen de waterpassing voor dat gedeelte behoeft te herstellen.

§ 192. **Peil. Het A. P. en het N. A. P.**

Ten einde te kunnen spreken van de hoogteligging van enige punten is het nodig dat een bepaald waterpasvlak wordt aangenomen, ten opzichte waarvan de hoogte dier punten kan worden bepaald. Men noemt zo'n vergelijkingsvlak **peil.**

Voor ons land heeft men als peil gekozen het Amsterdamse Peil (schrijfwijze A. P.), hetgeen overeenkomt met de gemiddelde hoogte van de vloed in het IJ bij Amsterdam vóór de afsluiting bij Schellingwoude. Het A. P. is door middel van marmeren stenen (voorzien van een groef) vastgesteld, welke stenen voorkomen of voorkwamen te Amsterdam in de volgende sluizen:

Oude Haarlemmersluis, Nieuwe Brugsluis, Kolksluis, Kraansluis en de West-Indische sluis. Het A. P. ligt officieel 9 voet, 5 duim Amsterdamse maat, overeenkomende met 2.6769 meter, beneden het midden der groeven in bovengenoemde stenen, die tot opschrift hebben: „Zeedijks Hooghte zijnde negen voet vijf duym boven Stads Peyl".

Hetzelfde peil wordt in Duitsland gebezigd, doch wordt aldaar aangeduid met de letters N. N. (Normal Null).

Het A. P. heeft men door aaneengeschakelde waterpassingen door het gehele land verspreid, door van een aantal **verkenmerken** de hoogte ten opzichte van A. P. te bepalen.

Tot deze verkenmerken worden gerekend de **kruisbouten** en de **peilmerkstenen.** De kruisbouten worden in de muren van het een of andere gebouw vast ingedreven, zodanig, dat een der groeven horizontaal is, welke dan tevens de hoogte ten opzichte van A. P. aangeeft. Het spreekt vanzelf, dat van zo'n kruisbout een nauwkeurige beschrijving van zijn plaats moet bestaan, om hem te alle tijde gemakkelijk terug te kunnen vinden.

De peilmerkstenen zijn 24 cm breed en 36 cm lang en worden in 't een of ander metselwerk ingelaten. Op het voorvlak bevindt zich een groef, waarvan de hoogte ten opzichte van A. P. bekend is en welke in de steen is gebeiteld.

Men zij evenwel voorzichtig met deze peilmerkstenen, aangezien het soms voorkomt, dat bij herstelling of vernieuwing van gebouwen de steen wordt verwijderd, om die daarna weer zo goed mogelijk (vaak op het oog) op zijn oorspronkelijke plaats te zetten. Het is dus zeer wel mogelijk,

dat het verkenmerk onjuist is en men doet in zo'n geval beter het niet als zodanig te gebruiken.

De kruisbouten daarentegen vallen minder in het oog, zodat, bij vernieuwing van het gebouw, men eerder geneigd is de bout weg te werpen, dan hem weer opnieuw in te drijven.

Ook is meestal de beschrijving van de plaats nauwkeuriger dan bij de peilmerkstenen, zodat men een eventueel verkeerde plaatsing beter kan constateren.

§ 193. In 1875 werd een aanvang gemaakt met een nauwkeurige waterpassing, die zich uitstrekte over het gehele land. De hoofdverkenmerken hierbij bestaan uit een bronzen bout, die gedeeltelijk cylindrisch is uitgeboord. De bout wordt in een muurwerk geplaatst, terwijl hij beschermd wordt door een bronzen plaat, voorzien van een groef, die overeenkomt met de as van het boutgat. Ter verificatie, of het merk op de een of andere wijze een verandering mocht hebben ondergaan, zijn onder en boven het merk boutjes, zogenaamde „verklikkers" aangebracht, waarvan men de afstanden tot het hoofdmerk nauwkeurig heeft gemeten (fig. 125).

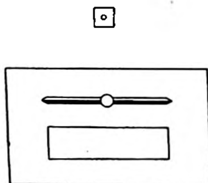


Fig. 125.

Behalve deze hoofdverkenmerken werd nog een groot aantal ronde bouten, kruisbouten en knopbouten geplaatst op tal van plaatsen in ons land.

De uitkomsten van deze waterpassingen, welke worden aangeduid met de letters N. A. P., (afkorting van Normaal Amsterdams Peil) zijn vastgelegd in het tweede deel van de werken van de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing, getiteld: „Uitkomsten der Rijkswaterpassing, ontworpen en aangevangen door L. Cohen Stuart, voortgezet en voltooid door H. G. v. d. Sande Bakhuijzen en G. v. Diesen". 1875—1885. 's-Gravenhage 1888.

Vanwege de Rijkswaterstaat zijn van 1886—1897 nauwkeurigheidswaterpassingen verricht, waarvan de uitkomsten zijn vastgelegd in een „Lijst van de lijnen der nauwkeurigheidswaterpassingen, verricht in 1886 en 1887".

Ook daarna zijn door de dienst van de Rijkswaterstaat verschillende nauwkeurigheidswaterpassingen verricht.

Thans worden van 1924 af de uitkomsten van alle hierboven genoemde waterpassingen provinciegewijze verenigd in registers, welke telkens in twee afdelingen zijn verdeeld en die zodanig zijn ingericht, dat aanvullingen en wijzigingen steeds gemakkelijk kunnen worden aangebracht.

§ 194. Nauwkeurigheid der waterpassing.

Uit het voorgaande valt in te zien, dat men in de regel een sluitfout verkrijgt bij het verrichten ener terugwaterpassing. Die sluitfout mag uit de aard der zaak een zekere grens niet overschrijden; een grens, die voor een deel bepaald wordt door de meer of mindere bruikbaarheid van

de gebezigde instrumenten en die verder afhankelijk is van de nauwkeurigheid, welke men verlangt te verkrijgen in het resultaat.

Men beoordeelt de mate van nauwkeurigheid der waterpassing gewoonlijk naar de middelbare fout per Kilometer **enkele waterpassing**; deze middelbare fout bedraagt in de regel in de gewone practijk ten hoogste 5 millimeter.

Verkrijgt men een grotere middelbare fout bij gebruik van eenvoudige, doch goede moderne instrumenten, dan wijst dit meestal op ongeoefendheid of onachtzaamheid van de waarnemer.

Om de middelbare fout te berekenen, kan gebruik worden gemaakt van de formule:

$$m = \sqrt{\frac{1}{2n}\left(\frac{v_1^2}{a_1} + \frac{v_2^2}{a_2} + \frac{v_3^2}{a_3} + \ldots\right)}$$

In deze formule betekenen:

m = middelbare fout per km enkele waterpassing in mm.

n = aantal vakken, waarin het traject der aaneengeschakelde waterpassing door vaste punten is verdeeld.

v_1 enz. de sluitfout in elk vak, in millimeters.

a_1 enz. de lengte van elk vak in kilometers.

Voorbeeld:

In figuur 124 is een heen- en terugwaterpassing verricht van A naar D. Vaste punten zijn gemaakt in B en in C.

De afstand van A naar B bedraagt 1.4 km.
„ „ „ B „ C „ 1.8 „
„ „ „ C „ D „ 1.8 „

De volgende sluitfouten werden verkregen:

In het vak A—B 4 millimeter
„ „ „ B—C 7 „
„ „ „ C—D 6 „

$$m = \sqrt{\frac{1}{6}\left(\frac{16}{1.4} + \frac{49}{1.8} + \frac{36}{1.8}\right)} = \pm\ 3 \text{ millimeter}$$

(voor de Nederlandse Rijkswaterpassing bedroeg m = 1.1 mm).

Door Prof. Ir W. Schermerhorn wordt de raad gegeven de waterpassing te herhalen, indien de sluitfout in een heen- en terugwaterpassing meer bedraagt dan:

voor nauwkeurigheidswaterpassingen 2,5 $\sqrt{L}$ in mm.
„ secundaire „ 6 $\sqrt{L}$ „ „
„ tertiaire „ 10 $\sqrt{L}$ „ „

waarin L voorstelt de lengte van een vak in kilometers.

Aannemende, dat de in het voorbeeld bedoelde waterpassing een secundaire is (in verband met de gebezigde instrumenten) dan zouden de sluitfouten ten hoogste mogen bedragen respectievelijk 7, 8 en 8 mm.

§ 195. **Vereffening van sluitfouten.**

Bij een terugwaterpassing wordt het gemiddelde van heen- en terug-

waterpassing in elk vak aangenomen als het gevonden hoogteverschil, indien althans geen grove fouten voorkomen in de waterpassing.

Is een kringwaterpassing verricht, zoals in fig. 124 is aangegeven en is de sluitfout niet gelijk aan nul, dan worden de hoogten der tussengelegen vaste punten gecorrigeerd met bedragen, welke evenredig zijn met de afstanden der vaste punten tot het beginpunt.

Hetzelfde geschiedt bij de bepaling van de hoogte van vaste punten, welke zijn gelegen tussen twee bekende hoogtepunten. Dergelijke waterpassingen vinden in de praktijk veelvuldig plaats; men verricht in deze gevallen een aaneengeschakelde waterpassing, uitgaande van een der bekende punten en aansluitende aan het andere bekende punt. In de waterpassing worden de punten opgenomen, van welke men de hoogte wil bepalen. Men behoeft dus geen terugwaterpassing te verrichten, aangezien uit het gevonden hoogteverschil in het eindpunt terstond blijkt of dit overeenstemt met het bekende hoogteverschil.

De sluitfout wordt over de gevonden hoogten der opgenomen vaste punten verdeeld naar evenredigheid van de afstanden der punten tot het beginpunt.

§ 196. In fig. 126 moet de hoogte worden bepaald van een punt P met behulp van de bekende hoogten van de punten A, B, C enz. Daartoe

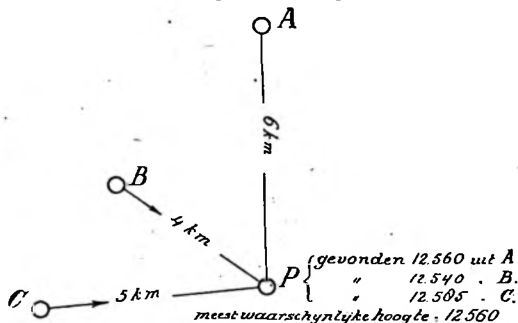


Fig. 126.

worden waterpassingen uitgevoerd naar P, uitgaande van de bekende punten; men vindt dus in het algemeen verschillende uitkomsten voor P (stilzwijgend wordt aangenomen dat alle waterpassingen onder dezelfde omstandigheden en met dezelfde accuratesse worden verricht).

De meest waarschijnlijke hoogte voor P wordt berekend met de volgende formule:

$$P = \frac{\frac{1}{a_1} P_1 + \frac{1}{a_2} P_2 + \frac{1}{a_3} P_3 + \text{enz.}}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} + \text{enz.}}$$

In deze formule betekent:
P: de meest waarschijnlijke hoogte voor P.
P_1 enz.: de gevonden hoogten van P uit de waterpassingen.
a_1 enz.: de lengten der gewaterpaste lijnen uit de bekende punten naar P.

§ 197. **Vlaktewaterpassing.**

Onder vlaktewaterpassing wordt verstaan de bepaling der hoogteligging van terreinen. Men waterpast daartoe die terreinen door van een aantal punten de hoogte te bepalen. De punten worden zodanig gekozen, dat men door onderlinge vergelijking der hoogten een beeld verkrijgt van de hogere en de lagere terreindeelen.

Vooral ten behoeve van cultuurtechnische werken worden veelvuldig vlaktewaterpassingen verricht, maar evenzo voor uitvoering van grondwerken.

Bij cultuurtechnische projecten gaat het voornamelijk om de hoogteligging te kennen van punten, welke van beslissende invloed zijn voor het plan van wegen en waterlopen. In verband met het meestal onregelmatig beloop van het maaiveld zullen de op te nemen punten gewoonlijk onregelmatig over het terrein verspreid zijn, vooral wanneer plotselinge hoogteverschillen voorkomen.

Voor grondverzetberekeningen daarentegen kiest men bij voorkeur een zo regelmatig mogelijk stelsel van punten, waarbij als algemene regel wordt uitgegaan van de wenselijkheid de op te nemen punten zodanig te kiezen, dat het terrein telkens tussen twee opgenomen punten een regelmatig beloop heeft.

Deze gedachte brengt mede, dat men op het terrein een kwadraatnet aanbrengt, waarbij de zijden een zodanige lengte verkrijgen als men uit practische overwegingen meent te moeten aannemen. Die lengten zullen in de regel varieren van 5 tot 100 meter, naar gelang van de meer of mindere gelijkmatigheid in hoogteligging van het terrein.

§ 198. Figuur 127 geeft de situatie weer van een gedeelte van een uiterwaard, welke ten behoeve van kleigraving door een steenfabriek moet worden ontgraven en opgeleverd tot een bepaald peil. De hoeveelheid vergraven klei wordt per m^3 verrekend.

Over het terrein wordt een kwadraatnet gelegd met zijden van 20 meter, welke afstand in dit geval nodig wordt geacht om naderhand met voldoende nauwkeurigheid de hoeveelheid vergraven grond te kunnen berekenen.

In het terrein wordt, uitgaande van een veelhoekspunt E (de uiterwaard werd van te voren nauwkeurig opgemeten) een lange lijn uitgezet en om de 20 meter wordt een piket geslagen. Deze piketten worden doorlopend genummerd.

Vervolgens worden in de piketten 9 en 19 met het prisma loodlijnen uitgezet en op deze loodlijnen worden wederom piketten geslagen op afstanden van 20 meter.

HOOGTEN DER VASTE PUNTEN:

D = 6.008 + N.A.P.

E = 6.463 + N.A.P.

F = 6.652 + N.A.P.

SCHAAL 1 - 2000.

Fig. 127.

Verbindt men nu de piketten 35 en 26 door een rechte lijn, dan moet de afstand van piket 35 tot 26 wederom 200 meter bedragen. Een eventuele geringe sluitfout wordt zo nodig gecorrigeerd. In de lijn 35—26 worden wederom piketten geslagen om de 20 meter en deze genummerd.

Men heeft aldus een rechthoek uitgezet en thans worden de hoekpunten binnen de rechthoek aangegeven met piketten. Deze worden „ingericht", en men laat daartoe een piket plaatsen in de richting 30—21, terwijl tegelijkertijd door een helper dit punt wordt gericht in de richting 36—10. Vervolgens wordt piket 41 op dezelfde wijze geplaatst, daarna piket 40 enz.

Op deze wijze wordt eerst de rechthoek geheel afgewerkt en men heeft een gemakkelijke contrôle in de diagonalen: deze moeten namelijk steeds een rechte lijn vormen. Alle piketten worden doorlopend genummerd en op de kaart worden de nummers aangeduid bij elk hoekpunt.

§ 199. Hoewel uit een landmeetkundig oogpunt bezien, de boven beschreven methode om vierkanten uit te zetten, voorzeker niet als een volkomen correcte wijze mag worden beschouwd, is zulks voor het beoogde doel ruimschoots voldoende. Men wenst immers alleen de **terreinhoogten** te kennen, en ieder zal gemakkelijk inzien, dat het niet beslist noodzakelijk is (ja, dikwijls zelfs verkeerd), dat de baakhouder zijn baak precies op het hoekpunt van het kwadraatnet houdt. Het kan toch licht plaats vinden, dat zo'n hoekpunt juist samenvalt met een kuiltje in de bodem of een enkele kleine verhevenheid van een paar vierkante meters oppervlakte. De baakhouder moet daarom worden ingeprent, dat hij zijn baak houdt bij het piket daar, waar hij de gemiddelde grondslag bij het hoekpunt aantreft. Het zou derhalve tijdverlies zijn om het kwadraatnet pijnlijk nauwkeurig aan te geven.

Het kwadraatnet dient alleen om met voldoende nauwkeurigheid de op te nemen punten zo regelmatig mogelijk te kunnen verdelen.

Neemt men tussen twee hoekpunten een onregelmatig beloop van de bodem waar, dan behoren die punten, waar het terrein plotseling van hoogteligging verandert, evenzo met een piketpaaltje te worden aangeduid en de hoogteligging te worden genoteerd.

§ 200. Nu de op te nemen terreinpunten dus zichtbaar op het terrein zijn aangegeven, kan worden overgegaan tot de bepaling der hoogte, hetgeen in dit geval met behulp van het waterpas-instrument geschiedt.

Evenals bij alle metingen is ook hier weer de regel, om steeds van het grote in het kleine te meten, geldig. In plaats echter van „een net van meetlijnen" wordt hier gebruik gemaakt van een stelsel van vaste punten, welke zo enigszins mogelijk regelmatig over het terrein worden verdeeld.

§ 201. In fig. 127 zijn als vaste punten gekozen de stenen palen,

Formulier W.I.

Slag		Afstand tot		Aflezingen			Hoogteverschillen		Hoogten t.o.v. N. A. P.		
van	tot	Achterbaak	Voorbaak	Achterbaak	Zijslag	Voorbaak	Klimming	Daling	Achterbaak	Zijslag	Voorbaak
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V.P.	a	23	23	0.446		2.232		1.786	11.186		
a	b	27	27	0.114		1.928		1.814			
b	c	80	100	1.122		2.037		0.915			
c	d	100	80	1.328		1.454		0.126			
d	e	100	100	1.286		1.324		0.038			
e	f	110	110	1.350		1.423		0.073			
f	g	118	120	1.420		1.348	0.072				
g	h	120	118	1.323		1.282	0.041				
h	i	125	125	1.259		1.323		0.064			
i	E	63	63	1.306		1.328		0.022			6.460
		866	866	10.954		15.679	0.113	4.838			
						10.954		0.113			
terug						4.725		4.725			
E	j	120	120	1.354		1.426		0.072			
j	k	120	120	1.423		1.548		0.125			
k	l	120	120	1.269		1.327		0.058			
l	m	120	120	1.367		1.296	0.071				
m	n	110	110	1.454		1.328	0.126				
n	0	100	100	1.357		1.284	0.073				
o	p	80	80	1.367		1.448		0.081			
p	q	28	30	1.904		0.882	1.022				
q	r	30	28	2.136		0.667	1.469				
r	V.P.	31	31	2.429		0.127	2.302				
		859	859	16.060		11.333	5.063	0.336			
				11.333			0.336				
				4.727			4.727				
						Gemiddeld Hoogteverschil			4.726		
								E =	6.460		

Aantekeningen. Waterpassing der vaste punten van de Waarden te X, 15 Oct. 1934.
Instrument de Koningh No. 4495.

welke bij de opmeting van het terrein werden geplaatst als veelhoekspunten.

Uitgaande van een bekend verkenmerk in de nabijheid werden nu de hoogten bepaald der veelhoekspunten. Het verkenmerk bevond zich op ongeveer 2 km afstand van het punt E en de hoogte bedroeg 11,186 *m* + N. A. P.

In formulier W.I. is de waterpassing weergegeven van het traject V. P.—E; een heen- en terugwaterpassing dus. Tot toelichting van het formulier het volgende.

Kolommen 1 en 2 hebben betrekking op de slag. De eerste slag is die van V.P. naar piket a. De afstanden van instrument tot baak worden ingevuld in de kolommen 3 en 4. De aflezing op de achterbaak, welke dus is geplaatst op het verkenmerk, wordt genoteerd in kolom 5 en de aflezing op piket a in kolom 7. Kolom 6 komt bij deze waterpassing niet in aanmerking; deze is eerst nodig bij de waterpassing der terreinpunten.

De volgende slag gaat van a naar b en zo vervolgens tot ten slotte wordt aangesloten op punt E. Zorg wordt gedragen, dat de som der afstanden van instrument tot achterbaak en van instrument tot voorbaak gelijk zijn. Ter contrôle worden de kolommen 3 en 4 opgeteld.

De kolommen 5 en 7 kunnen thans worden opgeteld, waarna men door aftrekking het hoogteverschil verkrijgt van vast punt en E. Datzelfde hoogteverschil kan men ook verkrijgen door eerst de klimmingen en de dalingen te berekenen. In het formulier is dit volledigheidshalve uitgevoerd om te doen uitkomen, dat men op deze wijze een contrôle kan verkrijgen op de optellingen van kolommen 5 en 7.

In kolom 10 wordt de bekende hoogte van het verkenmerk ingevuld in de slag V.P.—a. en men zou thans in kolom 12 ook de hoogte kunnen invullen voor het tussenpunt a. Dit heeft echter geen zin, want de hoogte der verschillende piketten heeft geen betekenis voor het doel hetwelk men beoogt.

Men heeft dus thans de hoogte bepaald van punt E, doch zekerheid dat die bepaling inderdaad juist is geweest, heeft men niet. Daarom wordt terug gewaterpast en aangezien de tijdelijke piketten a, b, enz. zijn verdwenen, krijgt men thans andere tussenpunten.

De terugwaterpassing geschiedt op dezelfde wijze als de heenwaterpassing. Men begint in punt E en eindigt in het verkenmerk.

Blijkens de eerste waterpassing bedroeg het hoogteverschil 4.725 m, en bij de terugwaterpassing 4.727 m. Hieruit blijkt, dat de meting naar behoren is verricht en het gemiddelde der gevonden hoogteverschillen wordt thans als definitief aangenomen. De daaruit berekende hoogte wordt ingevuld in kolom 12 achter punt E.

De hoogteligging der overige vaste punten wordt op soortgelijke wijze bepaald als die van punt E, waarbij men dus thans uitgaat van punt E.

Blijkt, dat deze waterpassingen goed zijn uitgevoerd, dan kan worden overgegaan tot de bepaling der terreinhoogten, waarbij wordt verwezen naar formulier W.I.a, hetwelk hetzelfde is als formulier W.I.

§ 202. Na het vorenstaande zal dit formulier weinig toelichting behoeven. Men beschouwt de waterpassing der terreinhoogten als zijslagen, en noteert alleen de laatste aflezing uit een standplaats in de kolom: Voorbaa Deze stelt dus geen terreinhoogte voor en de baakhouder moet in zo'n geval zijn waterpaspiket in de grond slaan, teneinde hierop de baak te kunnen plaatsen.

Aangezien de afstand dikwijls te groot is, om hem zulks te kunnen toeroepen, is het gewenst, dat voor deze handelwijze een sein wordt afgesproken (bijvoorbeeld het omhoogsteken van het notitieboek).

Formulier W.I.a.

Slag		Afstand tot		Aflezingen			Hoogteverschillen		Hoogten t.o.v. N. A. P.		
van	tot	Achterbaak	Voorbaak	Achterbaak	Zijslag	Voorbaak	Klimming	Daling	Achterbaak	Zijslag	Voorbaak
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E	1			1.32	1.44			0.12	6.460	6.34	
	2				1.16		0.28			6.62	
	3				1.23			0.07		6.55	
	4				1.19		0.04			6.59	
	5				1.18		0.01			6.60	
	6				1.20			0.02		6.58	
	7				1.16		0.04			6.62	
	8				1.11		0.05			6.67	
	p.a.					1.05	0.06				6.73
p.a.	9			1.28	1.25		0.03		6.73	6.76	
	10				1.19		0.06			6.82	
	11				1.05		0.14			6.96	
	12				0.90		0.15			7.11	
	42				0.99			0.09		7.02	
	41				1.11			0.12		6.90	
	30				1.14			0.03		6.87	
	31				1.06		0.08			6.95	
	40				0.95		0.11			7.06	
	p.b.					1.23		0.28			6.78
p.b.	42			1.30	1.06		0.24		6.78	7.02	
	43				0.99		0.07			7.09	
	enz.										
	F					1.43					6.65
				3.90		3.71					
				3.71							
				0.19	klimming						

Aantekeningen. Vlaktewaterpassing van de Waarden te X, 15 October 1934.
Instrument de Koningh, no. 4495.

Is men tijdens de waterpassing een zich in de nabijheid bevindend vast punt genaderd, dan is het nodig, dat men ter contrôle hierop aansluit. Door deze handelwijze toch zal men niet genoodzaakt zijn om de gehele vlakte-waterpassing over te doen, aangezien men constateren kan, in welk gedeelte een eventuele fout zich bevindt.

Ter nadere toelichting van formulier W.I.a nog het volgende.

§ 203. Meestal zijn de hoogten der vaste punten tot in millimeters vastgesteld. Daar het in de practijk der cultuurtechniek gebruikelijk is om terreinhoogten tot in centimeters nauwkeurig vast te stellen, gaat men bij de berekening uit van de hoogte der vaste punten, afgerond tot in centimeters nauwkeurig. Ook bij de waterpassing worden de terreinhoogten afgelezen tot in centimeters.

Het hoogteverschil van E en punt 1, ten bedrage van 0,12 cm, wordt ingevuld in kolom 9.

De volgende aflezing op punt 2 bedroeg 1.16; een klimming ten opzichte van punt 1 van 0.28. Punt 3 geeft ten opzichte van punt 2 een daling van 0.07 enz.

Op deze wijze worden de klimmingen en de dalingen berekend, evenals de hoogten der terreinpunten, welke laatste in kolom 11 worden ingevuld. De afsluiting van het eerste gedeelte der waterpassing op p.a. (afkorting van piket a) geschiedt door de aflezing op de voorbaak thans te plaatsen in kolom 7, aangezien dit getal betrekking heeft op de aaneengeschakelde waterpassing en niet op een terreinhoogte. De berekende hoogte van p.a. uit de voorgaande terreinhoogte geeft als uitkomst 6.73, welke wordt geplaatst in kolom 12.

Contrôle op de juiste berekening der hoogten verkrijgt men op de volgende wijze.

Vergelijkt men de aflezing op E met die op p.a., dan blijkt dat laatstgenoemd punt een klimming vertoont van 0.27. Telt men dit getal bij de gegeven hoogte van E, dan vindt men wederom 6.73, zodat de hoogte van p.a. juist is berekend. Daar nu verder alle berekende hoogten zijn afgeleid uit de voorgaande en daar het laatst berekende hoogtegetal juist is, kan dus worden geconstateerd, dat ook alle terreinhoogten tussen E en p.a. als juist zijn te beschouwen.

Contrôle op de waterpassing tussen de vaste punten E en F verkrijgt men door de aflezingen in kolom 5 en in kolom 7 op te tellen. Het verschil der sommen moet overeenstemmen met het bekende hoogteverschil der punten E en F.

Men heeft dus op bovenstaande wijze een contrôle zowel op de aaneengeschakelde waterpassing als op de waterpassing der terreinpunten; in de practijk kan men dus volstaan met één formulier.

§ 204. Nadat op deze wijze alle terreinpunten zijn opgenomen en de hoogteligging is berekend, worden de hoogtecijfers in de kaart ingeschreven. Door een vergelijking te maken tussen de terreinhoogten onderling kan men zich dus enigermate een voorstelling maken van de ligging van het gehele terrein. Duidelijk sprekend is echter zo'n kaart dan niet; men ziet niet met een oogopslag waar het terrein golvingen vertoont.

Aangezien dit evenwel in de meeste gevallen toch wenselijk is, tracht men hierin tegemoet te komen door het aangeven van **hoogtelijnen of tranches.** Men verstaat hieronder lijnen, waarvan alle punten op eenzelfde hoogte liggen. Denkt men zich nl. het terrein gesneden door een aantal waterpasse vlakken, die alle op een bepaalde afstand van elkaar zijn gelegen, dan zullen de doorgangen dezer vlakken met het terrein zich projecteren als meer of minder sterk gebogen lijnen.

In fig. 127 zijn de hoogtelijnen gekozen met opklimming van 25 cm waarbij men de tranches van 6.50 m, 6.75 m en 7.00 m + N.A P. aantreft. Men ziet uit het kleine aantal hoogtelijnen, dat het terrein geringe verschillen in hoogteligging vertoont.

Bij de bepaling der afstanden tussen twee hoogtepunten is men stilzwijgend van het denkbeeld uitgegaan, om het beloop van het terrein tussen die twee punten als rechtlijnig te beschouwen.

De berekening van de tranches is dus nu zeer eenvoudig. De punten 43 en 44 verschillen in hoogteligging 0.24 m, terwijl de afstand tussen die punten 20 m bedraagt. Het punt 43 ligt op 7.09 m + N.A.P. en het punt 44 op 6.85 m + N.A.P. De tranche van 7.00 m + N.A.P. loopt dus tussen genoemde punten door en wel op een afstand van

$$\frac{7.00 - 6.85}{0.24} \times 20 \text{ m} = 12.5 \text{ m}$$

uit punt 44. Zo voortgaande bepaalt men meerdere punten om die dan ten slotte tot een vloeiende lijn te verbinden. Het verdient uit de aard der zaak aanbeveling, om bij het vaststellen dier hoogtelijnen de kaart dikwijls met het terrein te vergelijken, om een zo getrouw mogelijk beeld van het terrein te verkrijgen.

§ 205. Een andere methode tot het ontwerpen van hoogtelijnen bestaat in het opsporen op het terrein van de hoogtelijnen en door deze vervolgens in kaart te brengen. Deze methode, hoewel ontegenzeggelijk de meest betrouwbare, is echter zeer omslachtig en tijdrovend.

Bij deze manier toch zoekt men op het terrein de hoogte van de gevraagde tranche, bepaalt verschillende punten van die lijn, welke door middel van een jalon of piket worden aangegeven, en meet na afloop der waterpassing de uitgebakende hoogtelijnen op, om ze in kaart te kunnen brengen.

Evenwel zal men in verreweg de meeste gevallen veel vlugger met voldoende nauwkeurigheid zijn doel kunnen bereiken, door middel van het zo even beschreven kwadraatnet, waarbij men de zijden zo klein kan maken als men wil en dus zoveel punten kan opnemen als men nodig oordeelt.

§ 206. Bestaat van een bepaald terrein reeds een kaart, en wenst men de hoogteligging van het terrein op te nemen aan de hand van die bestaande kaart, dan kan de opname als volgt geschieden:

Langs de voornaamste wegen voert men eerst een nauwkeurige waterpassing uit, welke ten doel heeft de bepaling van meerdere vaste punten en verder de nodig geoordeelde terreinpunten op die wegen. Door meting of afpassing worden die punten op de kaart overgebracht.

Is het terrein bijzonder bosrijk, dan zal men meestal weinig meer kunnen opnemen dan enkele punten op de wegen en in gunstige gevallen enige punten in het bosgedeelte zelf. Op open terreingedeelten, zoals bouw- en grasland, kunnen dan meer punten genomen worden, welke punten alle door meting, of indien de opname minder nauwkeurig behoeft te geschieden, door afpassing bepaald worden.

Een algemene regel voor een dergelijke opname is moeilijk te geven, daar zulks te veel van het betrekkelijke terrein afhangt.

Een voorbeeld van een zodanige opname is aangegeven in fig. 128. Het decimaalteken in het hoogtecijfer geeft hier de plaats aan, waar de hoogte is opgenomen.

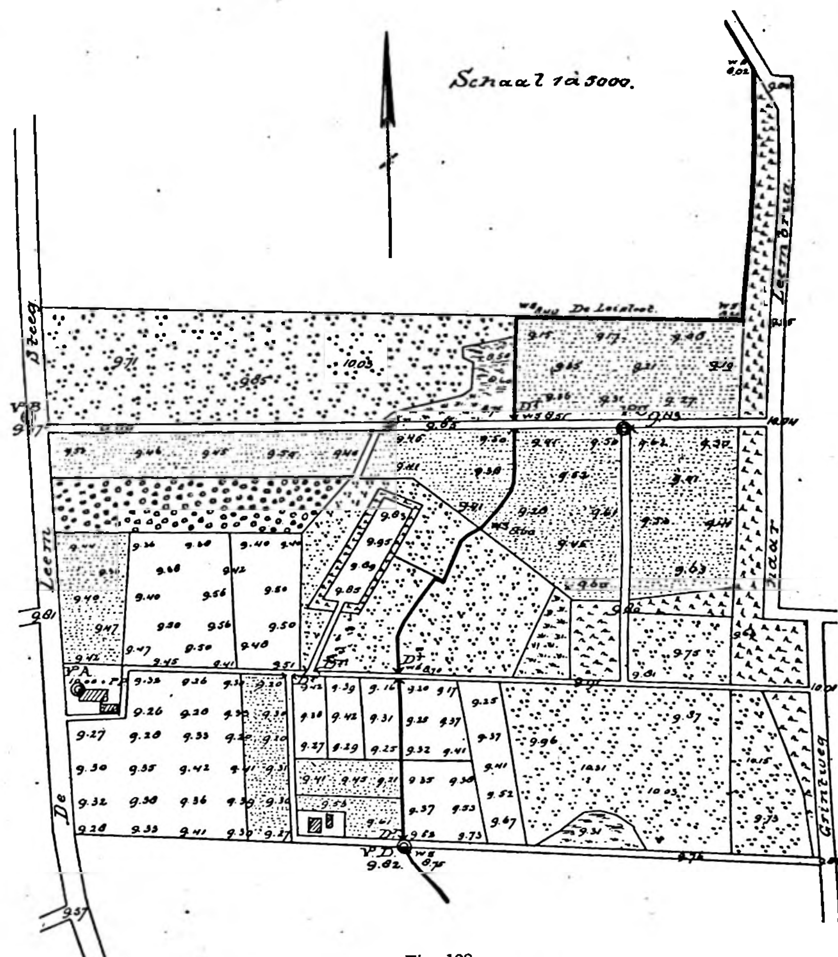


Fig. 128.

Nauwkeuriger dan volgens de hier beschreven methode kan men het doel bereiken door de opname te verrichten met een waterpasinstrument, voorzien van afstandmeter en horizontale rand (zie Hoofdstuk XV).

§ 207. Berekening van grondverzet.

Een ander geval, waarbij men van het kwadraatnet gebruik maakt, komt voor bij het verrichten van grondwerken.

Gesteld men heeft een terrein ter grootte van ongeveer 1 ha. Het terrein moet volkomen vlak en horizontaal gelegd worden en het is dus nodig dat men de toekomstige hoogteligging van het terrein kent, alvorens de spade in de grond wordt gestoken. De opname heeft als volgt plaats: Men stelt het instrument, nadat het kwadraatnet is uitgezet, ongeveer in het midden van het terrein op, en leest bij elk hoekpunt op de baak af. De som van al deze aflezingen, gedeeld door het aantal, geeft met vrij grote nauwkeurigheid de gemiddelde terreinhoogte aan en men behoeft dus slechts nu de nodige hoogtemerken aan te brengen om met de uitvoering van het grondwerk te kunnen aanvangen. Dit geschiedt door de hoogtepalen zo diep weg te slaan, totdat op de baak, die op de palen wordt gehouden, de gemiddelde aflezing wordt afgelezen.

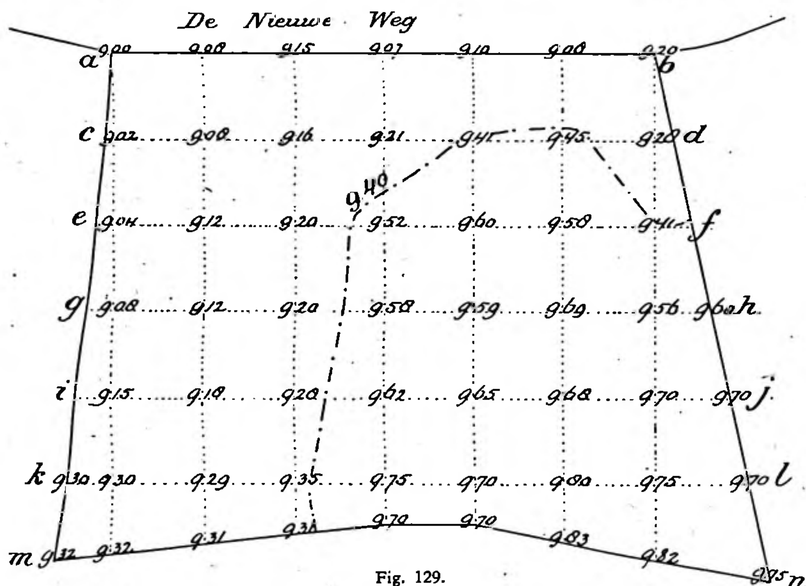


Fig. 129.

Wenst men, in verband met economisch grondverzet, de natuurlijke helling van het terrein zoveel mogelijk te behouden, dan zet men de hoogtemerken aan de ene zijde zoveel hoger en aan de andere zijde van het terrein zoveel lager, dat het gemiddelde der twee hoogten toch weer de gemiddelde hoogte oplevert. Men houde bij dit uitzetten echter rekening met het zogenaamd „uitwerken" van de grond bij grondverzet.

In de regel zal een kwadraatnet van 5, 10 of 20 m zijde voldoende zijn, al naarmate het terrein meer of minder grote hoogteverschillen vertoont. Men ziet verder, dat in het hier voorgestelde geval de terreinhoogten niet eerst berekend behoeven te worden.

§ 208. Wenst men bij het egaliseren van een terrein het grondverzet te berekenen (en dit valt zeer vaak voor), dan kan men handelen als in fig. 129 is weergegeven.

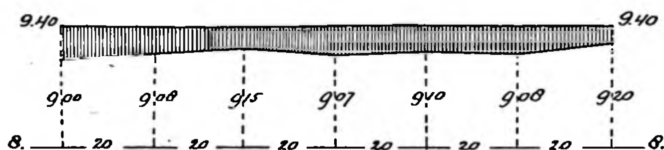
Het betreft hier een terrein, ter grootte van ± 1.5 ha waarvan door middel van een kwadraatnet met zijden van 20 m de hoogte is bepaald. Voor de gemiddelde terreinhoogte wordt gevonden 9.40 en voor een goed inzicht van het uit te voeren grondwerk is het gemakkelijk wanneer de hoogtelijn van 9.40 op de kaart wordt aangegeven. Met die lijn geeft men aan, welk gedeelte van het terrein afgegraven en welk gedeelte moet worden opgehoogd.

Men brengt nu het terrein op tekening in profiel, op de wijze als in fig. 130 is aangegeven; de toekomstige hoogtelijn van 9.40 wordt in elk profiel aangegeven en men kan nu voor elk profiel aan de hand der bekende getallen berekenen, hoeveel m^2 elk profiel heeft in afgraving en in ophoging. Het gemiddelde van twee opvolgende profielen, zo-

Berekeningstabel, behorende bij figuren 129 en 130.

Profiel	Oppervlakte van het profiel in:		Gemiddelde oppervlakte van twee opvolgende profielen in:		Afstand tusschen twee opvolgende profielen	Aantal te verwerken m^3 in:	
	Ophoging m^2	Afgraving m^2	Ophoging m^2	Afgraving m^2	m	Ophoging m^3	Afgraving m^3
a—b	36.4	0					
			28.68	0	20	573.2	0
c—d	20.96	0.75					
			17.60	5.05	20	352.0	101.0
e—f	14.25	9.35					
			14.08	12.68	20	281.6	253.6
g—h	13.91	16.01					
			12.22	19.02	20	244.4	380.4
i—j	10.54	22.03					
			7.65	26.30	20	153.0	526.0
k—l	4.76	30.56					
			4.71	31.57	13.9	65.4	438.8
m—n	4.66	32.58					
					Totaal	1669.6	1699.8

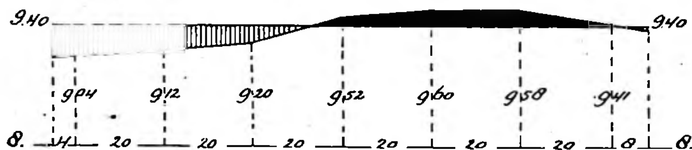
a - b.


9.40
9.40
9.00 9.08 9.15 9.07 9.10 9.08 9.20
8. 20 20 20 20 20 20 8.

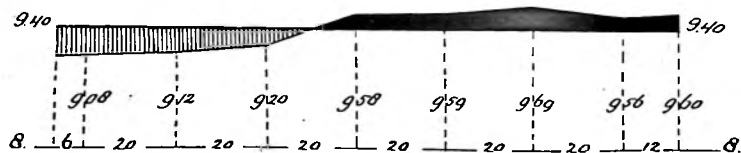
c - d

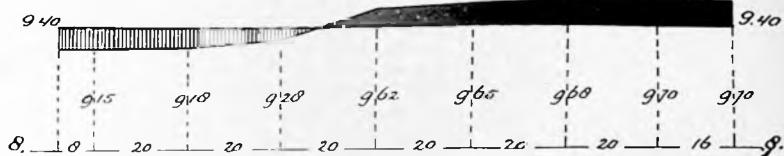

9.40
9.40
9.02 9.08 9.16 9.21 9.41 9.45 9.28
8. 2 20 20 20 20 20 20 4 8.

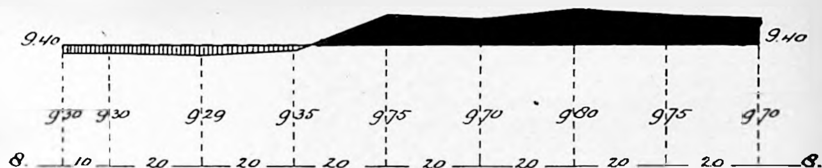
e - f

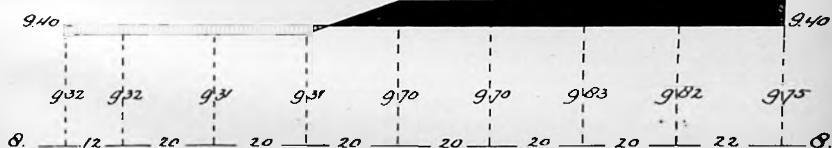

9.40
9.40
9.04 9.12 9.20 9.52 9.60 9.58 9.41
8. 4 20 20 20 20 20 20 8 8.

g - h.


9.40
9.40
9.08 9.12 9.20 9.58 9.59 9.69 9.56 9.60
8. 6 20 20 20 20 20 20 12 8.







 *Afgraving.*

 *Ophooging.*

Horizontale op 8. M. + N.A.P.

Fig. 130.

wel in afgraving als in ophoging, vermenigvuldigd met de afstand tussen de twee profielen, geeft een voldoend nauwkeurig benaderde waarde van de inhoud tussen twee profielen.

Ten einde de berekeningen zo overzichtelijk mogelijk te maken, wat vooral bij grotere grondberekeningen nodig is, kan men deze inrichten als is weergegeven in de tabel op pag. 179, die betrekking heeft op fig. 129.

Enkele opmerkingen zullen ter nadere toelichting hierbij nodig zijn.

De berekening van de oppervlakten in de eerste kolommen moet geschieden aan de hand van de verkregen hoogtecijfers, die zo nodig worden aangevuld door verdere meting en interpolatie op het desbetreffende profiel; daarbij tegelijkertijd de situatietekening raadplegende, waarop de lijn van 9.40 is aangegeven.

Zo ziet men, dat in profiel c—d de lijn van 9.40 nauwelijks de hoogtecijfers 9.41 en 9.45 overschrijdt; practisch moet dus op dit gedeelte een zo geringe hoeveelheid grond worden verplaatst, dat deze verwaarloosd kan worden, zoals ook de berekeningstabel aangeeft. Maar voor het gedeelte tussen de profielen c—d en e—f spelen de cijfers 9,41 en 9.45 wel een rol van betekenis.

Verder dient opgemerkt te worden, dat ter berekening van de hoeveelheid te verwerken grond tussen de profielen k—l en m—n als volgt is gehandeld.

De vorm van deze onregelmatige figuur wordt eerst teruggebracht tot een rechthoek, door de oppervlakte van dit gedeelte te delen door de lengte van profiel k—l = 150 m. Men vindt dan als breedte 13.9 m en deze breedte wordt aangenomen als de afstand tussen de profielen k—l en m—n.

Practisch zouden de beide laatste kolommen in de berekeningstabel eenzelfde getal moeten opleveren. Dat dit in het algemeen zelden of nooit het geval zal zijn, is begrijpelijk; immers de gevolgde berekeningsmethode is benaderend, terwijl de gemiddelde hoogte op 1 cm nauwkeurig is berekend. Op een oppervlakte van 1 ha geeft derhalve een hoogteverschil van 1 cm reeds een kubieke inhoud van 100 m³.

Uit practische overwegingen is een vaststelling tot op 1 cm nauwkeurig voldoende; hierboven werd reeds gewezen op het „uitwerken" van de grond, een factor, die bij alle grondverzet steeds een grote rol speelt en die slechts na langjarige ervaring voor de verschillende grondsoorten in verband met de diepte en wijze der bewerking met enige nauwkeurigheid kan worden bepaald.

Een verschil tussen de beide laatste kolommen van ten hoogste 5 à 6% kan in het algemeen nog toelaatbaar worden geacht.

HOOFDSTUK XIV.

Het opnemen van waterleidingen of waterlopen.

§ 209. Onder het opnemen van waterleidingen verstaat men het verzamelen van alle gegevens, welke nodig zijn om een juist overzicht te verkrijgen van de loop, de afmetingen en de toestand der waterleiding: zomede van de hoogteligging der terreinstrook, waardoor de waterleiding stroomt.

Bovendien is het in vele gevallen nodig, dat ook de hoogteligging van het gehele stroomgebied in de opname wordt begrepen en de hoeveelheid water, die afgevoerd wordt, gemeten wordt.

Het laatste buiten beschouwing latende, als behorende minder tot de hier te behandelen onderwerpen, zal in het volgende worden nagegaan, op welke wijze dergelijke opnamen kunnen worden uitgevoerd, waarbij eerst de kleinere waterleidingen en vervolgens de grotere, zoals de kleine rivieren in ons land, zullen besproken worden.

§ 210. Allereerst zij opgemerkt, dat aan de opname van de waterleiding een kaart van de op te nemen terreinstrook ten grondslag behoort te liggen. Deze kaart, waarop dienen voor te komen:

1e. De op te nemen waterleiding met de daarin aanwezige kunstwerken,

2e. De aangrenzende percelen, met opgave van hun cultuurvorm,

3e. Alle gegevens, waaruit voldoende de geografische ligging van de waterleiding blijkt,

wordt aangeduid met de naam van **situatie-tekening.**

In de meeste gevallen zal van de kadastrale kaart van het desbetreffende terrein het gemakkelijkst gebruik kunnen worden gemaakt ter bereiking van het beoogde doel. Het zal evenwel meestal nodig zijn, dat hier en daar deze kaart enigszins wordt ingemeten en bijgewerkt, ten einde haar in overeenstemming met het terrein te brengen.

§ 211. Is nu de kaart zover in orde, dan wordt overgegaan tot het tweede gedeelte van de opname, bestaande in:

1e. Een waterpassing van de terreinstrook en van de waterleiding.

2e. Een opmeting der dwarsprofielen van de waterleiding, en een opmeting der kunstwerken.

Voor het uitvoeren der waterpassing stelt men zich ten doel om de hoogteligging te verkrijgen van:

a. het terrein, onmiddellijk rechts en links van de waterleiding;
b. de bodem;
c. de terreinstrook, waardoor de waterleiding stroomt;
d. de in de waterleiding voorkomende kunstwerken, (bruggen, duikers, enz.).

Bij de opmeting der dwarsprofielen neemt men de dwarsdoorsnede van de waterleiding met de oevers op, bij voorkeur op regelmatige af-

standen en verder overal, waar het profiel plotseling sterke afwijkingen vertoont. Ook van de kunstwerken worden de samenstelling en afmetingen genoteerd.

§ 212. Opmeting van dwarsprofielen.

Bij het opmeten van dwarsprofielen gaat men in de regel uit van de bekende hoogte van een piket, hetwelk van te voren daar terplaatse is geslagen.

Bij de kleinere waterlopen geschiedt de opmeting het een-

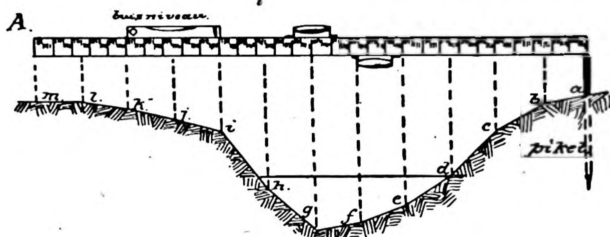


Fig. 131.

voudigst op de volgende wijze. Als algemeen voorbeeld wordt genomen fig. 131 en 132.

Men legt een waterpasbaak of rij op het piket, zoals in fig. 131 is aangegeven en stelt met behulp van een helper de baak horizontaal. Dit kan geschieden met een gewoon buisniveau. De onderkant

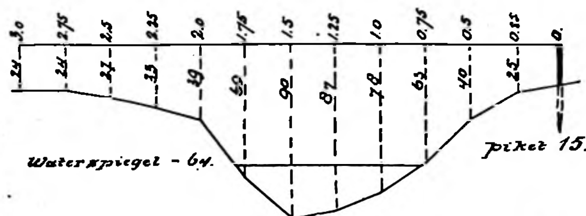


Fig. 132.

van de baak heeft dan dezelfde hoogte als het piket en men kan dus nu gemakkelijk de profiellijn opmeten, door op regelmatige afstanden langs de baak de afstand der punten a—m tot de baak te noteren. Evenzo bepaalt men de hoogte van de waterspiegel. De wijze van noteren is weergegeven in fig. 132.

§ 213. Bij vele waterleidingen, vooral in weiland, treft men langs de oever sterk hellende gedeelten aan, welke hoofdzakelijk door aftrappen van het vee worden veroorzaakt. Men bedenke dan, dat de eigenlijke oeverlijn meer landwaarts in is gelegen, en het is dus nodig, dat zulks behoorlijk op het dwarsprofiel wordt aangegeven. Dit moge nog worden toegelicht door fig. 133. Het piket wordt zodanig langs

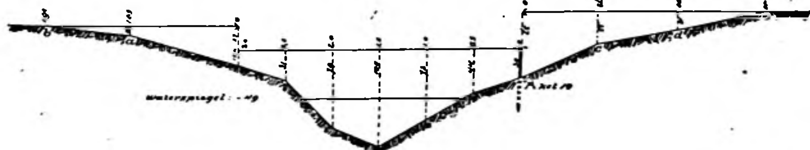


Fig. 133.

de waterleiding geslagen, dat de breedte van de waterspiegel geheel door de baak kan worden overspannen. Na de bekende opmeting van dit gedeelte, wordt nu de hoogte en de ligging der punten *a*—*e* gemeten op de wijze als fig. 133 aangeeft.

§ 214. Het meten der dwarsprofielen van grotere waterleidingen, zoals beken enz. kan veelal niet meer voldoende met behulp van een waterpasbaak en buisniveau geschieden. Men gaat daarom in zo'n geval te werk, als in fig. 134 is voorgesteld.

Loodrecht op de oevers spant men een stalen meetband over de beek, bij het piket, waarvan de hoogte bekend is. De band wordt aan beide oevers vastgezet, waarna men met behulp van het waterpasinstrument de hoogte bepaalt van de waterspiegel, b.v. bij *a*. Op regelmatige afstanden wordt thans de afstand bepaald van de waterlijn tot de bodem, terwijl de punten *b*, *c*, *d*, *e*, enz., die het profiel bepalen, worden opgenomen met het waterpasinstrument. De ligging van alle punten wordt bepaald door directe meting met de meetband.



Fig. 134.

Verschilt de hoogteligging van het punt *b* en van het piket weinig van elkaar, dan ziet men gemakkelijk in, dat het voor de bepaling der afstanden langs de meetband weinig uitmaakt indien de band niet volkomen horizontaal ligt. Bij enigszins grote verschillen moet men er echter op letten, dat de band zo goed mogelijk horizontaal ligt. Een dergelijk geval doet zich voor bij het opnemen van het dwarsprofiel van een waterleiding, die aan één of aan beide oevers wordt begrensd door een dijk. Op welke wijze de opmeting in zo'n geval plaats vindt, moge blijken uit fig. 135.

§ 215. Uitgaande van piket *f* worden achtereenvolgens de afstanden langs de meetband bepaald. Bij *j*, aan de teen van de dijk, wordt een jalon zuiver loodrecht geplaatst en men begint weer van deze jalon af te meten over de dijk heen, waarna men het punt *n* vindt met behulp van een schietlood. Na hier eveneens een jalon geplaatst te hebben, wordt de lengtemeting voortgezet tot de overzijde van de zijsloot. Op overeenkomstige wijze worden de afstanden over de andere dijk bepaald.

Heeft men al deze afstanden bepaald, zomede de diepte van de waterleiding tussen de dijken, dan rest nog te bepalen de hoogte van de waterspiegel in de waterleiding (om de bodemhoogten te berekenen) en de hoogte der punten *a*—*u*. Dit laatste geschiedt dus met behulp van het waterpasinstrument, waarbij men uitgaat van de bekende hoogteligging van piket *f*.

De constructie van het aldus opgenomen dwarsprofiel volgt gemakkelijk uit de figuur.

§ 216. Ook de kleinere rivieren in ons land worden op geheel overeenkomstige wijze opgenomen. Blijkt een meetband te kort te zijn, of wel buigt deze te veel door, dan kan gebruik worden gemaakt van een stalen afstandslijn of van een getaand touw, hetwelk op bepaalde afstanden van merken is voorzien.

Voorbeeld van een beekopname.

§ 217. Figuur 136 geeft de situatie weer van een gedeelte ener waterleiding over een lengte van ruim 2800 meter.

Door het verrichten ener waterpassing werd de op te nemen terreinstrook vastgelegd aan enige vaste punten, waarvan er in het onderhavige beekgedeelte drie voorkomen.

De vaste punten bestonden uit ronde ijzeren bouten, welke werden geplaatst in gebouwen. Een nauwkeurige beschrijving dier vaste punten werd vervolgens gemaakt.

Geleid door practische overwegingen werd bepaald, dat op afstanden van gemiddeld 200 meter dwarsprofielen moesten worden genomen. In zo'n geval heeft men de keuze van twee manieren. Men kan nl. de plaats der dwarsprofielen bepalen door lengtemeting langs de beek, of wel men kiest aan de hand van de situatietekening zodanige punten, dat deze zonder meting op de kaart kunnen worden aangeduid. Dit kan b.v. geschieden ten opzichte van perceelscheidingen, welke op de kaart voorkomen.

De plaats der dwarsprofielen wordt door een piket aangegeven, onafhankelijk van de wijze waarop men de plaats der profielen bepaalt.

In fig. 136 werden de plaatsen der profielen door lengtemeting bepaald; waar plotselinge veranderingen van het beekprofiel optreden, wordt eveneens een piket geslagen.

Zijn nu de piketten langs de beek geplaatst, dan wordt overgegaan tot de waterpassing van piketten en vaste punten. Men verricht dus een aaneengeschakelde waterpassing over de piketten

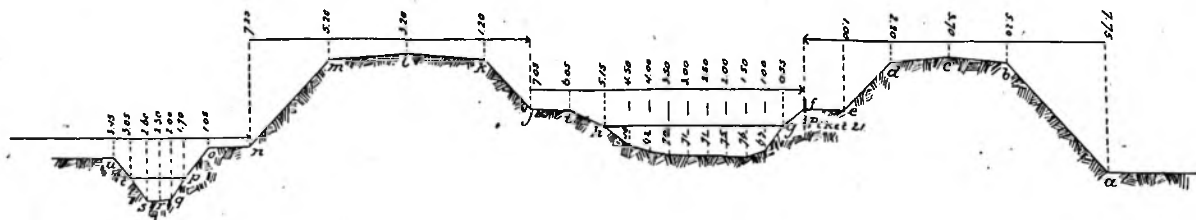
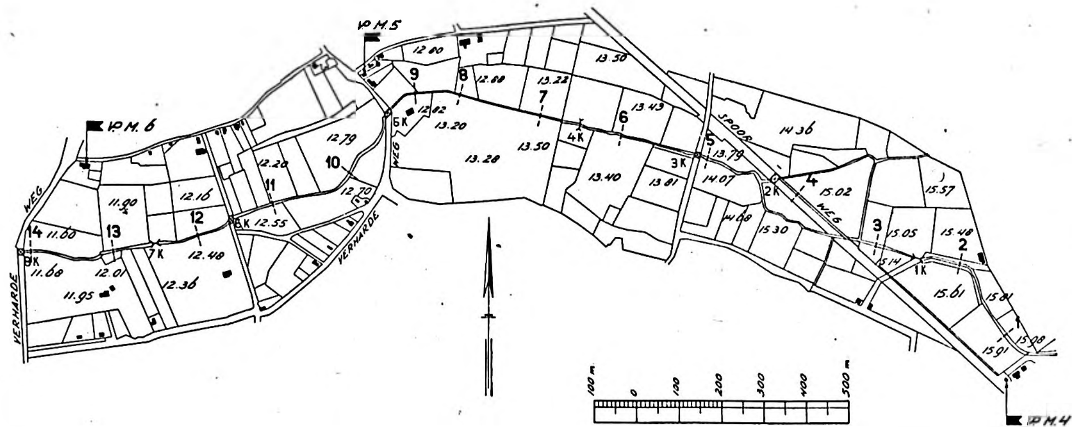


Fig. 135.



V.P.M. 5
V.P.M. 6
P.M. 4
WEG
VERHARDE
SPOOR
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
1K
2K
3K
4K
5K
7K
8K
11.60
11.68
11.95
11.90
12.01
12.16
12.36
12.40
12.55
12.20
12.79
12.70
12.80
12.82
13.20
13.28
13.50
13.22
13.50
13.43
13.40
13.81
13.79
14.07
14.36
15.02
15.57
15.05
15.14
15.48
15.30
15.61
15.81
15.08
15.91
0
100
200
300
400
500 m
100 m

Fig. 136.

naar de vaste punten, waardoor men de hoogten van piketten en vaste punten tegelijkertijd verkrijgt. Door een contrôlewaterpassing moet worden nagegaan of de waterpassing naar behoren is verricht.

In fig. 136 zijn op de situatietekening de plaatsen der piketten aangegeven. Verder komen op die tekening verschillende hoogtecijfers voor; deze hoogten werden opgenomen tegelijk met de waterpassing der dwarsprofielen, zoals uit formulier W.I.b blijkt. De bedoelde terreinpunten werden door de opnemer gekozen in verband met het doel der opname; de punten werden doorlopend genummerd en tijdens de waterpassing op de situatie geschreven.

§ 218. De dwarsprofielen werden opgenomen overeenkomstig fig. 134. De afmetingen en hoogten van de in de waterloop voorkomende kunstwerken werden genoteerd in een afzonderlijk formulier: Staat van kunstwerken. Na de opname werden de dwarsprofielen in tekening gebracht.

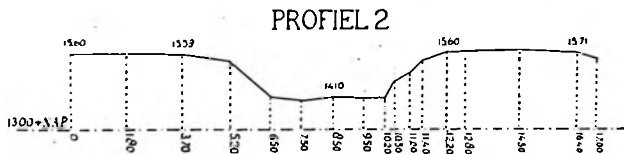


Fig. 137.

De wijze, waarop zulks plaats vindt, is weergegeven in fig. 137 en 138. Men zet op een rechte lijn als horizontale ten opzichte van N. A. P. volgens een bepaalde schaal het gemeten dwarsprofiel uit, b.v. op de schaal van 1 à 100. Elke ordinaat komt dus overeen met een gemeten punt van het profiel en op die ordinaat wordt vervolgens de berekende hoogte van het profielpunt getekend.

Door verbinding dezer punten verkrijgt men de opgemeten profiellijn.

§ 219. Met behulp van de dwarsprofielen wordt daarna een lengteprofiel getekend. Voor de lengteschaal kiest men hiervoor als regel dezelfde schaal als die waarop de situatie is getekend. Wederom worden op een rechte lijn als horizontale de afstanden der piketten aangegeven en hierop weder ordinaten getekend. Op een grotere schaal, in de regel dezelfde als die der dwarsprofielen, worden nu de hoogten aangeduid van het terrein links en rechts en van de bodem en wanneer ook de hoogte van de waterspiegel werd opgenomen, ook deze hoogte.

Heeft men op deze wijze alle hoogten geconstrueerd, dan worden de gelijksoortige punten verbonden, waardoor meerdere lijnen ontstaan, welke in fig. 139 voorstellen:

oeverlijnen (terreinhoogten links en rechts),
waterspiegel (indien opgenomen),
bodem.

Omtrent de verdere bijzonderheden wordt verwezen naar de figuur.

Formulier W.I.b.

Slag		Af-stand	Aflezing			Uitkomsten		Hoogten ten opzichte van N.A.P.		
van	tot		Achter-baak	Zijslag	Voor-baak	Klim-ming	Da-ling	Achter-baak	Zijslag	Voor-baak
Pik. 2	Prof. 2	0	1.28	1.35			0.07	15.67	15.60	
		1.80		1.35			—		15.60	
		3.70		1.37			0.02		15.58	
		5.20		1.62			0.25		15.33	
		6.50		2.81			1.19		14.14	
		7.50		2.96			0.15		13.99	
		8.50		2.85		0.11			14.10	
		9.50		2.86			0.01		14.09	
		10.20		2.84		0.02			14.11	
		10.50		2.32		0.52			14.63	
		11.00		2.01		0.31			14.94	
		11.40		1.57		0.44			15.38	
		12.20		1.35		0.22			15.60	
		12.80		1.26		0.09			15.69	
		14.50		1.20		0.06			15.75	
		16.40		1.24			0.04		15.71	
		17.00		1.49			0.25		15.46	
		t.l.		1.40		0.09			15.55	
		t.r.		1.42			0.02		15.53	
		t.p. 4		1.38		0.04			15.57	
		t.p. 5		1.47			0.09		15.48	
		t.p. 6		1.34		0.13			15.61	
pik. a					1.67		0.33			15.28
pik. a bod. K 1. inst.			1.34	2.71			1.37	15.28	13.91	
id. uitst.				2.74			0.03		13.88	

Formulier.

STAAT VAN KUNSTWERKEN.

Opname-nummer	Plan-nummer	Benaming [1]	Mate-riaal	Toestand	Onderkant dek [2] m	Bodem-hoogte [2] m	Diameter m	a b c d e f p1 p2	Lengte m
1		D	steen	goed		13.91		e = 1.80 f = 1.25 p¹ = 0.50	4.50
5		B	beton	zeer goed	13.15	12.10		e = 3.50 f = 1.05	5.00

[1] B = Brug　H = Heul
D = Duiker　V = Vonder

[2] Ten opzichte van N.A.P.

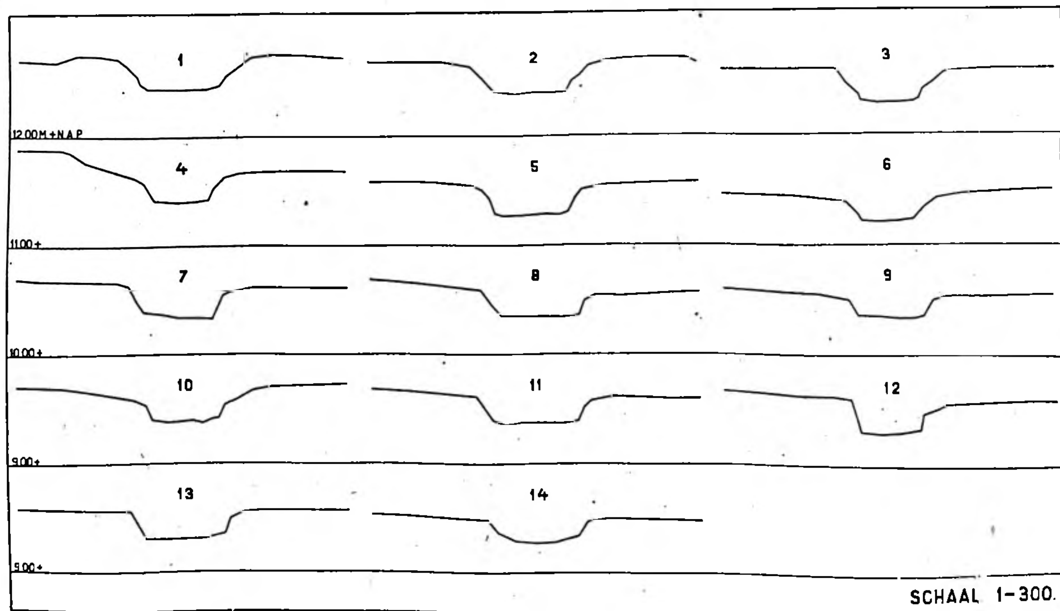
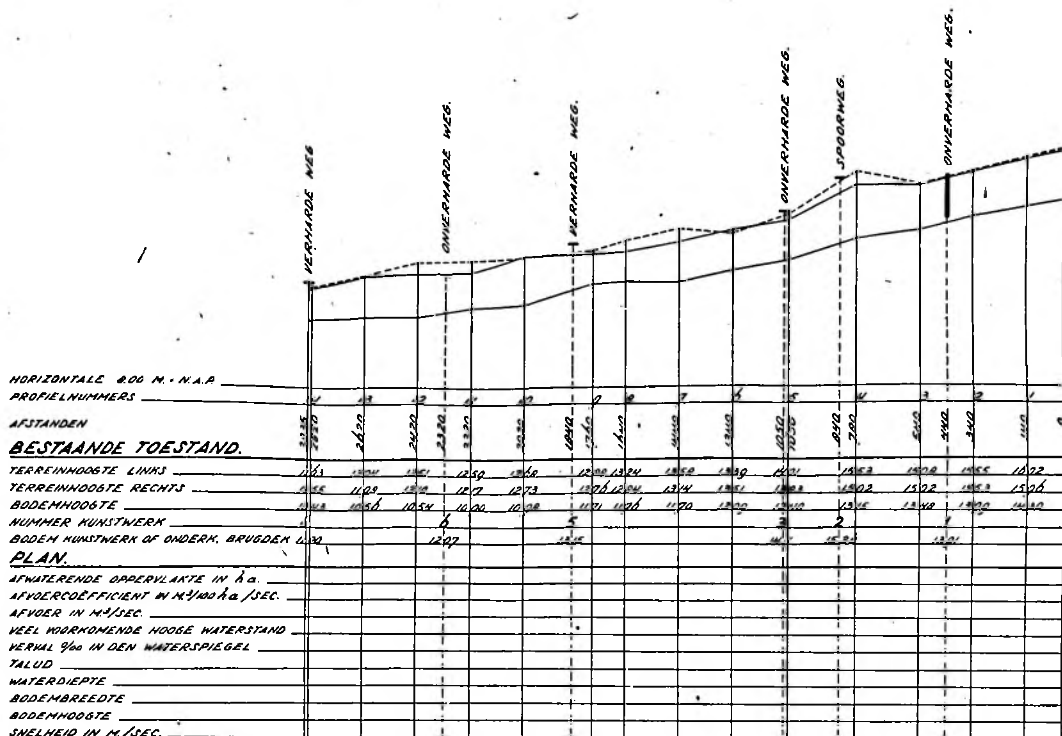

1
2
3
12.00 M + N A P
4
5
6
11.00 +
7
8
9
10.00 +
10
11
12
9.00 +
13
14
9.00 +
SCHAAL 1-300.

Fig. 138.



VERHARDE WEG
ONVERHARDE WEG.
VERHARDE WEG.
ONVERHARDE WEG.
SPOORWEG.
ONVERHARDE WEG.
HORIZONTALE 8.00 M. + N.A.P.
PROFIELNUMMERS
AFSTANDEN
BESTAANDE TOESTAND.
TERREINHOOGTE LINKS
TERREINHOOGTE RECHTS
BODEMHOOGTE
NUMMER KUNSTWERK
BODEM KUNSTWERK OF ONDERK. BRUGDEK
PLAN.
AFWATERENDE OPPERVLAKTE IN h a.
AFVOERCOËFFICIENT IN M³/100 h a /SEC.
AFVOER IN M³/SEC.
VEEL VOORKOMENDE HOOGE WATERSTAND
VERVAL ‰ IN DEN WATERSPIEGEL
TALUD
WATERDIEPTE
BODEMBREEDTE
BODEMHOOGTE
SNELHEID IN M./SEC.

Fig. 139.

§ 220. Ten slotte nog een enkele opmerking met het oog op het opnemen van de waterstand. Aangezien deze in vele gevallen in vrij sterk hellend terrein gemakkelijk in een kort tijdsverloop verandert is het wenselijk, dat op regelmatige afstanden van 200 à 500 meter (afhankelijk van het verval) tijdelijk piketten in de beek worden geslagen, ten einde hiermede de waterstand op te nemen. De hoogte dier piketten wordt tegelijk met de meting der dwarsprofielen bepaald.

Heeft men een groot aantal piketten, dan is het nodig dat meerdere personen gelijktijdig de hoogte van de waterstand opnemen.

Waterpassing van het stroomgebied.

§ 221. Zeer vaak gaat een opname van de waterlopen in een bepaald stroomgebied gepaard met een vlaktewaterpassing van het gehele terrein, hetwelk op de betrokken waterlopen afwatert.

In dergelijke gevallen is het nodig, dat over de nodige kaarten kan worden beschikt, waarop naderhand de hoogten der nodig geoordeelde terreinpunten kunnen worden aangegeven.

De opname geschiedt overeenkomstig § 206.

HOOFDSTUK XV.

Tachymetrie.

Afstandmeter.

§ 222. Onder afstandmeters verstaat men instrumenten, waarmede men in staat is van uit een bepaald punt rechtstreeks afstanden te meten tot andere punten, zonder gebruik te maken van meetbanden, meetkettingen of meetlatten. Vooral in heuvelachtig terrein, waar directe lengtemeting moeilijk uitvoerbaar is, kan men met een afstandmeter vlugger en dikwijls beter zijn doel bereiken, dan door gebruik te maken van instrumenten voor lengtemeting. Voor grotere afstanden dan 150 m echter is een afstandmeter van gewone afmeting niet bijzonder aan te bevelen, aangezien de nauwkeurigheid dezer instrumenten afneemt met de lengte der te meten lijnen.

Men onderscheidt twee soorten van afstandmeters. Bij het ene systeem moet worden gebruik gemaakt van een baak, welke in het eindpunt der te meten lijn wordt gehouden, terwijl bij het andere systeem zulks niet nodig is.

Aangezien de eerste meestal nauwkeuriger zijn dan de tweede, wordt in het landmeten bijna uitsluitend gebruik gemaakt van de eerste soort.

De meest eenvoudige en tevens meest gebruikelijke afstandmeter is de zogenaamde **draden-afstandmeter**; ook wel naar Reichenbach genoemd. Een gewone theodoliet of waterpasinstrument kan reeds als afstandmeter worden ingericht, **indien men het diaphragma slechts voorziet van nog twee horizontale draden.**

De afstandmeter, voorzien van een horizontale rand en van een rand tot het meten van verticale hoeken, kan gebezigd worden tot het meten van afstanden en tot het bepalen van de hoogteligging van verschillende punten.

De meeste afstandmeters zijn voorts nog voorzien van een boussole. Een repetitie-theodoliet met verticale rand en voorzien van een boussole, noemt men een tacheometer, tachymeter-theodoliet of theodoliet-boussole. Op de kijker bevindt zich gewoonlijk een niveau.

§ 223. a. **Het meten van afstanden bij horizontale vizierlijn.**

Het bepalen van de afstand tussen de punten A en E in fig. 140 berust op het berekenen van de hoogtelijn F B van de gelijkbenige langgestrekte driehoek F C D, waarvan de basis gevormd wordt door een deel van een baak in E gehouden, terwijl de tophoek steeds een constante waarde behoudt.

Heeft men nl. het diaphragma van de kijker voorzien van drie horizontale draden (zie fig. 10) welke op gelijke afstanden van elkaar zijn gespannen, dan geeft de vizierlijn bij inspelende bel van het niveau de horizontale lijn F B aan. Volgens de middendraad leest men dan af op de baak bij B, terwijl men, gebruik makende van de boven- en de onderdraad, tevens afleest bij D en bij C.

Fig. 141 stelt voor op welke wijze het beeld der draden samenvalt met de afleesbaak.

A, B en C zijn de drie horizontale draden, terwijl bij O de objectief-

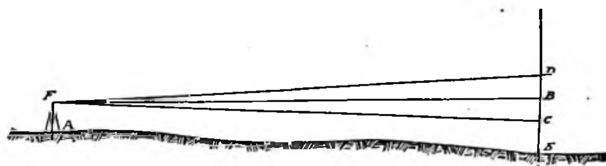


Fig. 140.

lens van de kijker is geplaatst. De lichtstralen gaan door de punten B en C, evenwijdig aan de optische as van de kijker, en gaan, na breking bij E en D, door het buitenbrandpunt F van de objectieflens en snijden de baak bij G en K.

De driehoek G F K heeft dus steeds voor elke afstand denzelfde

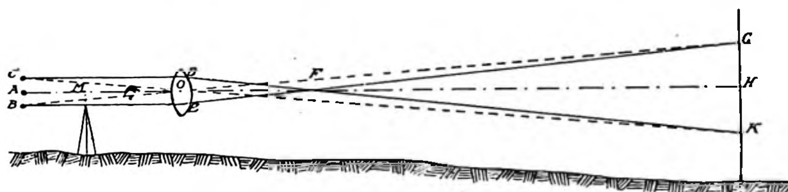


Fig. 141.

tophoek G F K, welke gelijk is aan ∠ D F E en welke laatste de tophoek is van de constante driehoek D E F. (Hiervan blijft nl. steeds de basis D E, benevens de hoogte, welke de brandpuntsafstand voorstelt, gelijk). Aangezien dus △ G F K ∞ is met △ E F D, zo verhoudt zich D E tot O F, als G K tot de afstand F H. Is dus de verhouding $\frac{OF}{DE}$ bekend, dan kan men F H berekenen, aangezien men de afstand G K afleest op de baak.

Stelt men nu de constante $\frac{OF}{DE} = A$ en de afstand $GK = v$, dan is $FH = A \times v$.

Voor de afstand M H vindt men dus:

$$A \times v + (OF + OM).$$

De vorm (O F + O M) is eveneens een constante, die afhankelijk is van de samenstelling van het instrument. O F stelt nl. de brandpuntsafstand der objectieflens voor, terwijl O M de afstand is van het optisch

midden dier lens tot de draaiingsas. Deze afstanden kan men bepalen door rechtstreekse meting aan het instrument. Richt men nl. de kijker op een zeer ver verwijderd voorwerp, dan zal het kruispunt van het diaphragma in het brandpunt der lens staan, zodat men slechts van het diaphragma tot de lens behoeft te meten om de waarde O F te verkrijgen. Vervolgens meet men de afstand van de lens tot de draaiingsas van het instrument om de waarde O M te verkrijgen.

De som dezer beide uitkomsten is dan gelijk aan de constante M F, welke in het vervolg met B zal worden aangeduid.

§ 224. b. Het meten van afstanden bij hellende vizierlijn.

De meest voorkomende wijze van afstandmeten komt voor bij hellende vizierlijn, welke in zo'n geval dus een zekere hoek maakt met de horizont en welke hoek wordt afgelezen met behulp van de verticale rand.

In fig. 142 zij in M het instrument opgesteld, terwijl men de afstand tussen R en P = M Q wenst te meten. Daartoe wordt in P zuiver

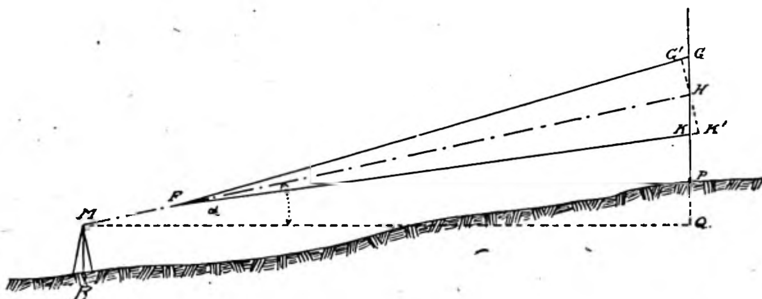


Fig. 142.

loodrecht een baak gehouden en men leest af bij K en G. De schuine afstand F H is dan echter niet A × K G, aangezien K G niet meer loodrecht op F H staat. Die schuine afstand is A × G' K', indien men K' G' in H loodrecht trekt op F H. G' K' moet dus uitgedrukt worden in G K, opdat de schuine afstand F H kan berekend worden.

Nu is $\angle$ K H K' = $\angle$ G H G' = α, want in $\triangle$ M Q H is:
$\angle\, \alpha$ = 90° − $\angle$ M H Q en ook is in $\triangle$ K K' H:
$\angle$ K H K' = 90° − $\angle$ M H Q, waaruit volgt:
.$\angle$ K H K' = α = $\angle$ G H G'.

De hoeken G G' H en K K' H zullen in werkelijkheid zeer weinig van 90° afwijken, zodat H G' mag vervangen worden door H G cos α, en H K' door H K cos α.

Voor G′ K′ kan men dus stellen G K cos α, waardoor het product F H × G′ K′ overgaat in F H × G K cos α = A × v cos α.

De totale schuine afstand M H wordt dus:

A × v cos α + B en men vindt vervolgens voor de horizontale afstand M Q, welke gevraagd wordt: A × v cos² α + B cos α.

§ 225. **Bepaling der constante A.**

Ter bepaling van de constante A kan men de volgende weg inslaan: Nadat men het instrument heeft opgesteld en op een afstand, welke men zeer nauwkeurig heeft gemeten, een baak zuiver loodrecht heeft opgesteld, verricht men bij horizontale vizierlijn enige aflezingen, zowel voor de onderdraad als voor de bovendraad. Wenselijk is het bij deze aflezingen, voor elk stel waarnemingen, de baak enige millimeters hoger of lager te stellen.

In dit geval geldt de formule:

Afstand = A × v + B, waaruit volgt:

$$A = \frac{\text{Afstand} - B}{v}.$$

Gewoonlijk is bij afstandmeters de constante A zodanig gekozen, dat deze een rond getal is, (doorgaans 100), aangezien dit bij de berekeningen groot gemak oplevert.

Voorbeeld:

Bepaling van de constante A van de tachymeter-theodoliet Hildebrand No. 3028.

Kijker-stand	Aflezing		Verschil	Opmerkingen
	Bovendraad	Onderdraad		
RL	1.027	1.500	0.473	Afstand van instrument tot baak bedraagt 46.60 m.
RR	1.035	1.507	0.472	Constante B = 0.35.
RL	1.026	1.498	0.472	$A = \frac{47.60 - 0.35}{0.4725} = 100.$
RR	1.035	1.508	0.473	
RL	1.026	1.499	0.473	
RR	1.032	1.504	0.472	
			2.835	

Gemiddeld verschil = 0.4725.

§ 226. **Bepaling van hoogteverschillen.** Niet alleen is de bovenbedoelde draden-afstandmeter geschikt tot het meten van afstanden, ook voor de bepaling van hoogteverschillen kan men van het instrument gebruik maken.

Bij horizontale vizierlijn geschiedt de bepaling van hoogteverschillen evenals bij de waterpasinstrumenten; men behoeft dan slechts af te lezen bij de middendraad.

Bij hellende vizierlijn moet men echter de elevatie- of depressiehoek kennen om het hoogteverschil te kunnen berekenen.

In fig. 142 is de afstand $HQ = MQ \, tg \, \alpha$, waaruit volgt, dat het hoogteverschil tussen P en M bedraagt:

$$MQ \, tg \, \alpha - PH.$$

Voor M Q echter werd gevonden $A \times v \cos^2 \alpha + B \cos \alpha$, zodat $HQ = (Av \cos^2 \alpha + B \cos \alpha) \, tg \, \alpha = Av \cos \alpha \sin \alpha + B \sin \alpha = {}^1/_2 \, Av \sin 2 \alpha + B \sin \alpha$.

De waarde P H is, zooals blijkt, gelijk aan de aflezing volgens de middendraad, zodat het hoogteverschil tussen M en P bedraagt:

$${}^1/_2 \, Av \sin 2 \alpha + B \sin \alpha - PH.$$

§ 227. Gewoonlijk echter wenst men het hoogteverschil te kennen tussen de punten R (waar het instrument is opgesteld) en P. Is nu de hoogteligging van R bekend, dan moet bovenstaande formule nog vermeerderd worden met M R, of de hoogte van de tweede as van het instrument boven de grond. Stelt men $PH = h$ en $MR = H$, dan bedraagt dus de verticale afstand tussen P en R:

$${}^1/_2 \, Av \sin 2 \alpha + B \sin \alpha - h + H.$$

Ter vereenvoudiging dezer formule kan men thans nog de volgende weg inslaan.

Men meet alvorens met de metingen te beginnen, de afstand H van de tweede as tot de grond (in cm nauwkeurig) en stelt, bij elke waarneming op de baak, de middendraad in op de aflezing H. De formule gaat dan over in:

$$P - R = {}^1/_2 \, Av \sin 2 \alpha + B \sin \alpha.$$

Het meten met de Tachymeter-theodoliet of Theodoliet-boussole.

§ 228. Het meten met behulp van een afstandmeter noemt men **tachymetrie** = snelmeting.

De methode, die bij het afstandmeten wordt toegepast, is de voerstraalmethode. Men stelt daartoe het instrument in een bepaald punt op en meet achtereenvolgens alle richtingen, afstanden en hoogten, welke van uit dat punt kunnen bepaald worden.

§ 229. **Theodoliet-boussole.** De theodoliet-boussole is een instrument, dat in Indië vrij veelvuldig wordt gebruikt, hoewel minder dan de boussole-tranche-montagne (zie § 238).

Het is een theodoliet, voorzien van een doos-boussole en een kijker, voorzien van afstandsdraden. Men kan dus met het instrument op twee wijzen de horizontale hoeken meten, nl. met behulp van de boussole en, verlangt men groter nauwkeurigheid, met behulp van de horizontale rand van de theodoliet (zie fig. 143).

De kijker is bevestigd aan een zuil en is centrisch draaibaar; de verticale rand is aan de kijker verbonden.

Het instrument wordt in hoofdzaak als boussole gebruikt, maar het is daarbij gewenst tevens de horizontale rand af te lezen. Op deze wijze oefent men dus contrôle uit op de azimuth-aflezingen; dit kan vooral zijn nut hebben bij tijdelijke grotere afwijkingen van de mag-

neetnaald. Men voert dan bij de berekeningen tijdelijk de hoeken in, gevonden bij de aflezing op de rand, om later weer tot de azimuths terug te keren. Dit is het enig voordeel; practisch kan men van het instrument zeggen, dat het een matige boussole en een minder goede theodoliet is. Immers de naaldlengte bedraagt gewoonlijk $\pm$ 8 cm terwijl

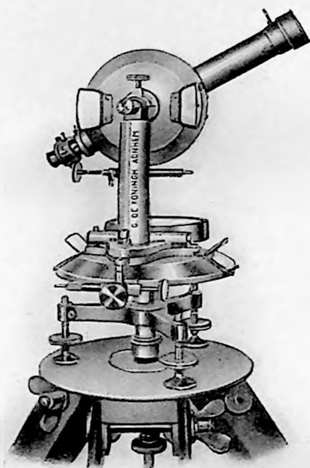


Fig. 143.

de boussole-tranche-montagne een naaldlengte heeft van $\pm$ 11 cm. Het is een minder goede theodoliet, aangezien het geen repetitie-as bezit, terwijl de rand met een losse loupe wordt afgelezen.

§ 230. Oppervlakkig is men geneigd tot de mening, dat men bij een gebruik als boussole het nauwkeurige verwerpt om het minder nauwkeurige aan te houden. Toch is dit niet geheel juist, want het voordeel van een boussole is gelegen in het feit, dat men geen opstapeling van fouten in de hoeken krijgt, daar men voor elke zijde steeds, onafhankelijk van de voorgaande, het azimuth meet. Bij meting met de theodoliet daarentegen geeft een fout in een enkele hoek een draaiing van het gehele net en de fout wordt groter naarmate meer nieuwe hoeken worden toegevoegd.

Een fout in de azimuthmeting daarentegen heeft enkel een evenwijdige verplaatsing van de volgende zijden tengevolge.

Het voordeel van de boussole-meting zal dan ook slechts alleen tot uitdrukking kunnen komen bij een groot aantal hoeken.

§ 231. **Tachymeter-theodoliet.** Beter dan de theodoliet-boussole is een theodoliet met repetitie-as en voorzien van een eenvoudige oriënterings-boussole (zie fig. 144). De laatste kan op verschillende wijzen zijn aangebracht op het instrument, hetzij op de alhidade of op de eerste rand. Het eerste geval komt wel het meest voor.

Het instrument wordt als volgt gebruikt.

Men zet de nonius van de horizontale rand op 0° en draait de klem-

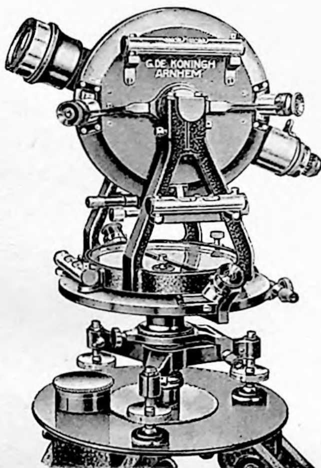


Fig. 144.

schroef vast. Daarna wordt het instrument om de repetitie-as gedraaid, totdat de boussole-naald inspeelt op 0°—180°, en klemt vervolgens de repetitie-as vast. Het instrument is zodanig vervaardigd, dat de vizierlijn van de kijker vrijwel evenwijdig loopt met de lijn 0°—180° van de boussole, en dus leest men nu steeds de magnetische azimuths rechtstreeks op de theodoliet-rand af.

Het instrument is dan opgesteld met zogenaamd „georiënteerde rand".

§ 232. De Theodoliet-boussole van fig. 145, welke van nieuwere constructie is dan de voorgaande, wijkt in vele opzichten af van de andere vormen. Reeds een oppervlakkige beschouwing doet uitkomen, dat het instrument door zijn compacte bouw in stabiliteit heeft gewonnen,

terwijl alle beweegbare delen alsmede de kijker stof- en waterdicht zijn vervaardigd. Maar bovendien is een nieuwe wijze van aflezen toe-

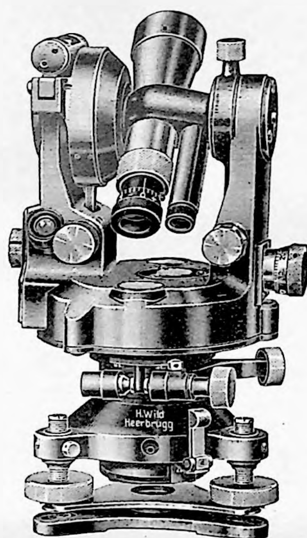


Fig. 145.

gepast voor de randen. Met behulp van een prismasysteem wordt aan twee diametraal tegenover elkaar gelegen randdelen het beeld waargenomen, zoals fig. 146 voor de horizontale en voor de verticale rand

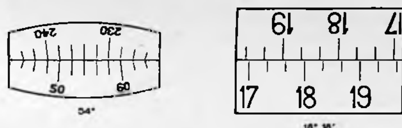


Fig. 146.

aangeeft. Waar het verlengde der deelstrepen van de horizontale rand een rechte lijn vormt vindt de aflezing plaats; in fig. 146 dus 54°. Door schatting vindt men voor de verticale rand 18° 18'.

De inwendige horizontale rand is tevens boussole-rand, welke draait

op een conisch geslepen spits. Na opstelling van het instrument en nadat de rand tot rust is gekomen, wijst de naald naar het Noorden en is het instrument dus georienteerd. Vervolgens wordt de rand met een bijzondere kleminrichting vastgezet, waardoor met het instrument, als theodoliet, azimuths worden afgelezen.

Bij het vervoer wordt het instrument geborgen in een stalen omhulsel, hetwelk zodanig is geconstrueerd, dat de theodoliet tegen regen kan worden beschermd, zonder dat het van het statief behoeft te worden genomen.

§ 233. In fig. 147 is een gedeelte weergegeven van een tachymetrische opname van een heuvelachtig terrein. De grondslag van deze opname vormt een driehoeksnet, waarvan twee driehoekspunten *K* en *L* op de tekening voorkomen, terwijl een veelhoeksnet tussen deze driehoekspunten is gelegd. Evenzo is een ander veelhoeksnet tussen *K* en een ander driehoekspunt (dat op de tekening niet meer voorkomt) uitgezet.

Beginnende in het driehoekspunt *K* wordt de tachymeter met georiënteerde rand opgesteld, d.w.z., wanneer de vizierlijn van de kijker samenvalt met de magnetische meridiaan, dan wijzen de noniën van de horizontale rand 0° en 180° aan.

Vervolgens wordt gericht op het aansluitende driehoekspunt *L* en beide noniën van de eerste rand afgelezen. Hetzelfde vindt daarna plaats met de aansluitende veelhoekszijde *Kj*, waarbij tijdelijk het veelhoekspunt met een jalon wordt aangegeven, terwijl daarna de aflees-baak op het piket wordt gehouden en de afstanddraden en de verticale rand worden afgelezen. De meting wordt herhaald met doorgeslagen kijker. Daarna gaat men over tot het opnemen der détailpunten, die van uit het opstellingspunt zijn te bereiken. Deze détailpunten worden zo gekozen, dat men het beloop van het terrein tussen twee punten in als gelijkmatig kan beschouwen, terwijl de sterk sprekende lijnen van het terrein in elk geval worden opgenomen. De baak wordt hierbij op de grond gehouden.

Aangezien een niet loodrechte stand van de baak, tijdens de aflezing, betrekkelijk grote fouten kan veroorzaken in de uitkomsten, is het noodig, dat de baak steeds zuiver loodrecht wordt gehouden. Men voorzie haar daarom van een schietlood of doosniveau.

De aflezing op de baak geschiedt tot in millimeters, terwijl bij de détailmetingen (dat zijn dus de opnamen der gewenste terreinpunten) de noniën van de eerste en van de tweede rand in minuten, zonder onderdelen, worden afgelezen.

Bij de uitvoering der détailmetingen wordt slechts van één kijkerstand gebruik gemaakt, terwijl ook de aflezingen op de eerste en op de tweede rand slechts met behulp van één nonius geschieden. Alvorens te beginnen is het dus nodig om te noteren van welke noniën men gebruik maakt.

Bij het richten op de baak stelt men de middendraad, zo enigszins mogelijk, in op het punt van de baak, overeenkomende met de afstand

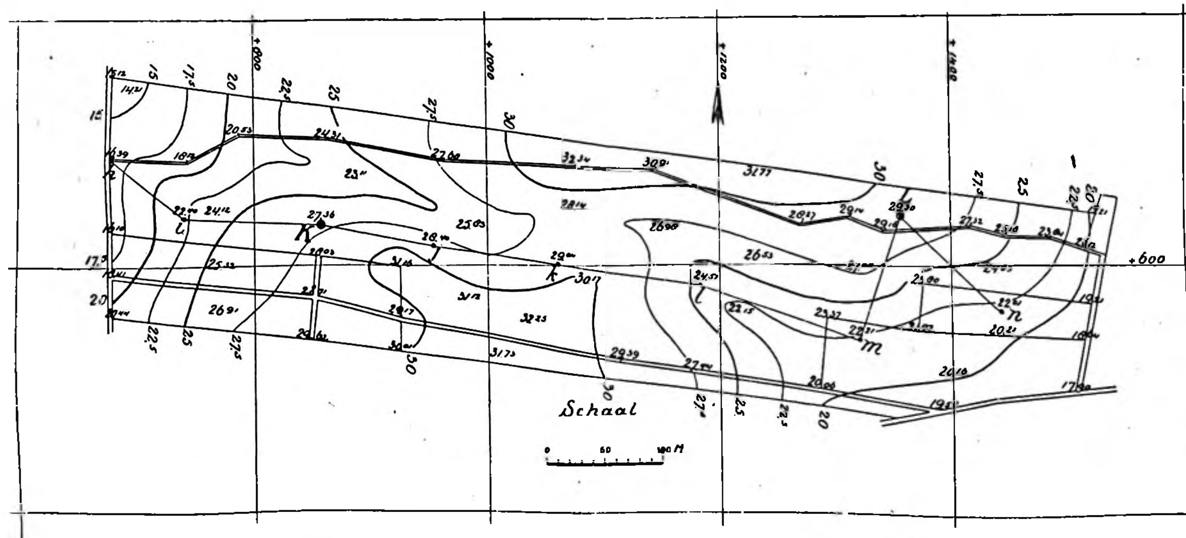


Fig. 147.

van de 2e as van het instrument boven het opstellingspunt en leest daarna boven en onderdraad af.

Voor elk op te nemen détailpunt wordt dus afgelezen:

Op de eerste rand: Eén nonius, tot in minuten nauwkeurig.
Op de tweede rand: Eén nonius, tot in minuten nauwkeurig.
Op de baak: Boven-, midden- en onderdraad.

De wijze van noteren der waarnemingen geschiedt het gemakkelijkst met behulp van staten, welke speciaal voor dit doel worden vervaardigd.

Zijn alle punten, om het opstellingspunt gelegen, opgenomen, dan wordt de tachymeter opgesteld in het volgende veelhoekspunt en hier weer op dezelfde wijze eerst op het vorige veelhoekspunt gericht en daarna op het volgende. Deze metingen worden herhaald met doorgeslagen kijker, terwijl beide noniën tot in onderdelen worden afgelezen. Daarna worden weer op de gewone wijze de détailpunten opgenomen.

§ 234. Staat de opname geheel op zich elf, zodat geen driehoeksnet of veelhoeksnet van te voren is uitgezet, dan kan men het op

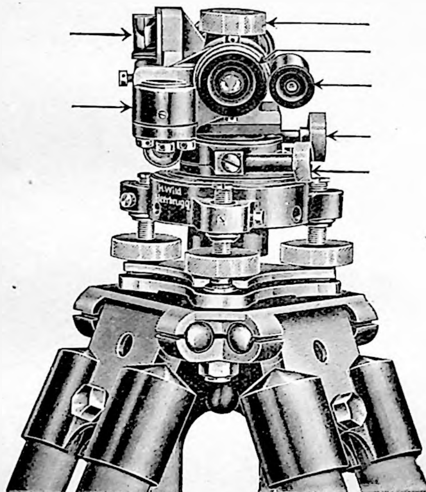


Fig. 148.

te nemen terrein geheel op de boven omschreven wijze opmeten, indien men hierbij slechts zorgt een gesloten veelhoek tijdens de meting over het terrein te leggen, welke zo volledig mogelijk het terrein omsluit. De berekening en vereffening kan daarbij geschieden, zoals in § 139 en in formulier IX is aangegeven. Door het aanbrengen van andere open

veelhoeken, uitgaande van en aansluitende aan punten van eerstbedoeld net, kan men verder de delen van het terrein, binnen de eerste veelhoek, opnemen.

Ter verkrijging van goede uitkomsten, wat de hoogtemeting betreft, verdient het aanbeveling, de hoogte der veelhoekspunten door waterpassing te bepalen.

Tachymetrie met horizontale vizierlijn.

§ 235. Aan het slot van § 206 werd vermeld, dat een waterpasinstrument, voorzien van een afstandmeter en een horizontale rand, grote voordelen verschaft bij het verrichten ener vlaktewaterpassing.

Figuren 148 en 149 geven van een dergelijk instrument een afbeelding. De horizontale rand (onzichtbaar op de tekening) heeft een

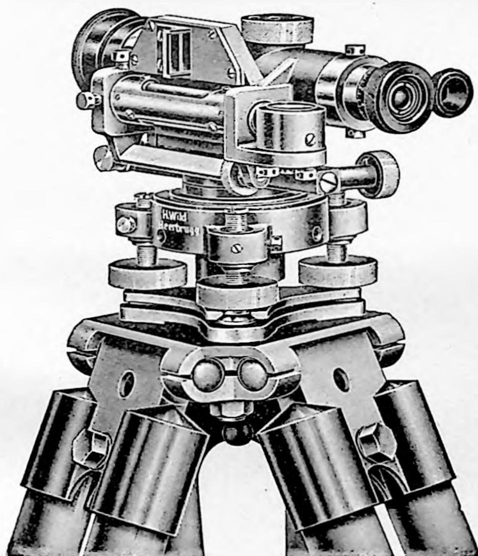


Fig. 149.

middellijn van 5 cm en is in volle graden verdeeld. De aflezing heeft plaats met een afleesmicroscoop, door middel van een afleeskijker, die aangebracht is rechts van de grote kijker. Boven op het instrument is een prisma aangebracht waarmede kan worden nagegaan of de bel van het niveau inspeelt. Met de afleesmicroscoop wordt rechtstreeks

tot op 10 minuten afgelezen en door schatting tot op 1 minuut. Zie fig. 150. Het instrument wordt geborgen in een stalen kap, als is afgebeeld in fig. 151.

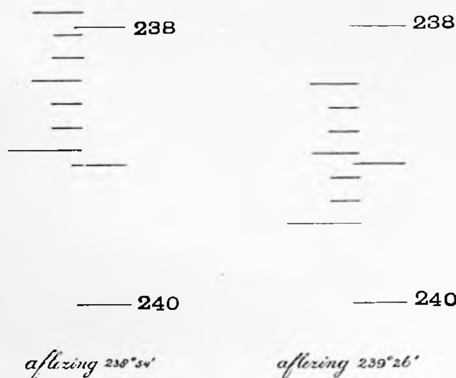


Fig. 150.

Uit de aard der zaak komen voor bedoelde waterpassingen echter alleen terreinen in aanmerking, die geen al te grote hoogteverschillen



Fig. 151.

vertonen; in ons land kan het instrument dus goede diensten bewijzen.

In het volgende zal, met behulp van een voorbeeld uit de practijk, de wijze worden behandeld, waarop een dergelijke waterpassing kan geschieden.

§ 236. Fig. 152 heeft betrekking op een terrein, ter grootte van ± 70 ha. De opname heeft plaats aan de hand van een bestaande kaart; in dit geval de kadastrale kaart.

In de woning aan de noordzijde van de Zandweg naar B., bevindt zich een hoogtemerk, waarvan de hoogte bekend is uit een vroegere waterpassing. Andere gegevens dan de bedoelde kadastrale kaart en het hoogtemerk zijn dus niet aanwezig.

Ten einde de nodige opstellingspunten voor het instrument te verkrijgen, worden een aantal piketten geslagen, op de tekening aangeduid met de letters a—m. De onderlinge afstand der piketten houdt verband met het optisch vermogen van het instrument, want met de afstandmeter moet telkens de afstand tussen twee opvolgende piketten voldoende nauwkeurig kunnen worden gemeten. In ons geval lopen die afstanden uiteen van ± 100 m tot ± 200 m.

De op de tekening voorkomende piketten omsluiten een gedeelte van het terrein. De waterpassing vangt aan bij het V.P. 7.15 en eindigt ook aldaar; een kringwaterpassing dus.

Het eerste opstellingspunt is a'; de hoogte van piket a wordt hier bepaald ten opzichte van V.P. 7.15. (Uit de tekening blijkt, dat hier punt a juist is gekozen op het kruispunt van wegen, dat op de kaart dus reeds voorkomt).

Daarna wordt het instrument opgesteld boven piket a en men richt de kijker vervolgens op een eveneens op de kaart voorkomend punt b, zijnde de bermsloot van de weg. Op de horizontale rand wordt die richting afgelezen; daarmede is dus het instrument zogenaamd georiënteerd.

Vervolgens worden alle terreinpunten opgenomen, die men van uit a kan bereiken, door op de baak bij inspelende bel af te lezen voor elk punt: bovendraad, middendraad, onderdraad en horizontale rand. Zijn alle punten opgenomen, zodat van opstellingspunt moet veranderd worden, dan wordt de baak gehouden op **tussenpiket** c en afgelezen.

Daarna wordt opgesteld boven c en ter contrôle afgelezen op de baak, die nu op a wordt gehouden. Afstand en hoogteverschil moeten dus hierbij dezelfde waarden geven als van a naar c.

Verder wordt afgelezen op de baak op piket d (ook aan de kant van de weg geplaatst).

In d stelt men vervolgens het instrument op en oriënteert eerst weer op een bepaald punt e, de bermsloot van de weg, en leest daarna af op de baak op c. Daarna worden weer de nodige terreinpunten opgenomen.

Zo voortgaande neemt men alle terreinpunten op en verricht tegelijkertijd de kringwaterpassing over de piketten.

Op dezelfde wijze worden de overige delen van het terrein opgenomen.

Het noteren der verzamelde gegevens vindt plaats als hierachter is aangegeven voor een viertal standplaatsen.

De wijze van invulling der kolommen blijkt voldoende uit de tabel; opgemerkt wordt echter dat in elke standplaats de hoogte van de vizierlijn boven het piket rechtstreeks wordt gemeten.

Standplaats	Hoogte van de vizierlijn boven piket	Richting	Aflezingen				Uitkomsten					Aantekeningen
			Horizontale Rand	Draden			Klimming	Daling	Afstand	Hoogten		
			° ′	B.	M.	O.				Piket	rein Terrein	
a′		V.P.			2.13					7.15		
		a			1.32		0.81			7.96		
a	1.32	b	240. 5									oriëntering
		1	237. 0	1.52	1.99	2.46		0.67	94		7.29	
		2	332. 0	1.59	1.74	1.89	0.25		30		7.54	
		3	162. 0	1.12	1.78	2.44		0 04	132		7.50	
		4	326. 0	0.63	1.10	1.57	0.68		94		8.18	
		5	175. 0	0.08	1.28	2.48		0.18	240		8.00	
		6	10. 0	0.85	1.45	2.05		0.17	120		7.83	
		7	82.15	0.49	0.79	1.09	0.66		60		8.49	
		8	153. 0	0.02	1.22	2.42		0.43	240		8.06	
		9	141.15	0.08	1.18	2.28	0.04		220		8.10	
		10	128.30	0.86	1.55	2.24		0.37	138		7.73	
		11	189.30	0.75	0.91	1.07	0.64		32		8.37	
		c	177.10	0.22	1.02	1.82		0.11	160	8.26		tussenpunt
c	1.28	a		0.78	1.58	2.38		0.30	160	7.96		
		d		0.12	1.00	1.88	0.58		176	8.54		
d	1.30	c		0.70	1.58	2.46		0.28	176	8.26		
		e	139.30									oriëntering
		12	77.30	1.36	1.66	1.96		0.36	60		8.18	
		13	90.15	1.57	1.98	2.39		0.32	82		7.86	
		14	196. 0	1.68	2.12	2.55		0.14	87		7.72	
		15	17. 0	1.28	1.70	2.12	0.42		84		8.14	
		16	225.10	1.85	2.29	2.73		0.59	88		7.55	
		17	52. 0	1.19	1.87	2.55	0.42		136		7.97	
		18	250. 0	1.85	2.33	2.81		0.46	96		7.51	

§ 237. Zijn de nodige berekeningen verricht, dan worden met behulp van een gradenboog de verschillende richtingen van elke standplaats uit op de kaart uitgezet. Men begint dus de gradenboog volgens de gemeten oriënteringsrichting op de oriënteringslijn van de kaart te leggen, en zet vervolgens alle voerstralen uit. In a wordt dus de gradenboog zodanig gelegd, dat de aflezing 240° 5′ samenvalt met de lijn a b.

Nadat alle terreinhoogten op de kaart zijn overgebracht, kunnen desgewenst de nodige hoogtelijnen worden aangegeven.

De boussole tranche-montage.

§ 238. Dit instrument, hetwelk reeds met een enkel woord in § 102 werd genoemd, is voorgesteld in fig. 153. Het bestaat uit een boussoledoos, welke ondersteund wordt door drie stelschroeven, terwijl boven op de doos een buisniveau is aangebracht voor de horizontaalstelling. Excentrisch is een kijker aangebracht, op dezelfde wijze als bij een gewone kijker-boussole, terwijl evenwijdig met het draaiingsvlak van de kijker een verticale rand aanwezig is. Op de kijker bevindt zich soms een buis-

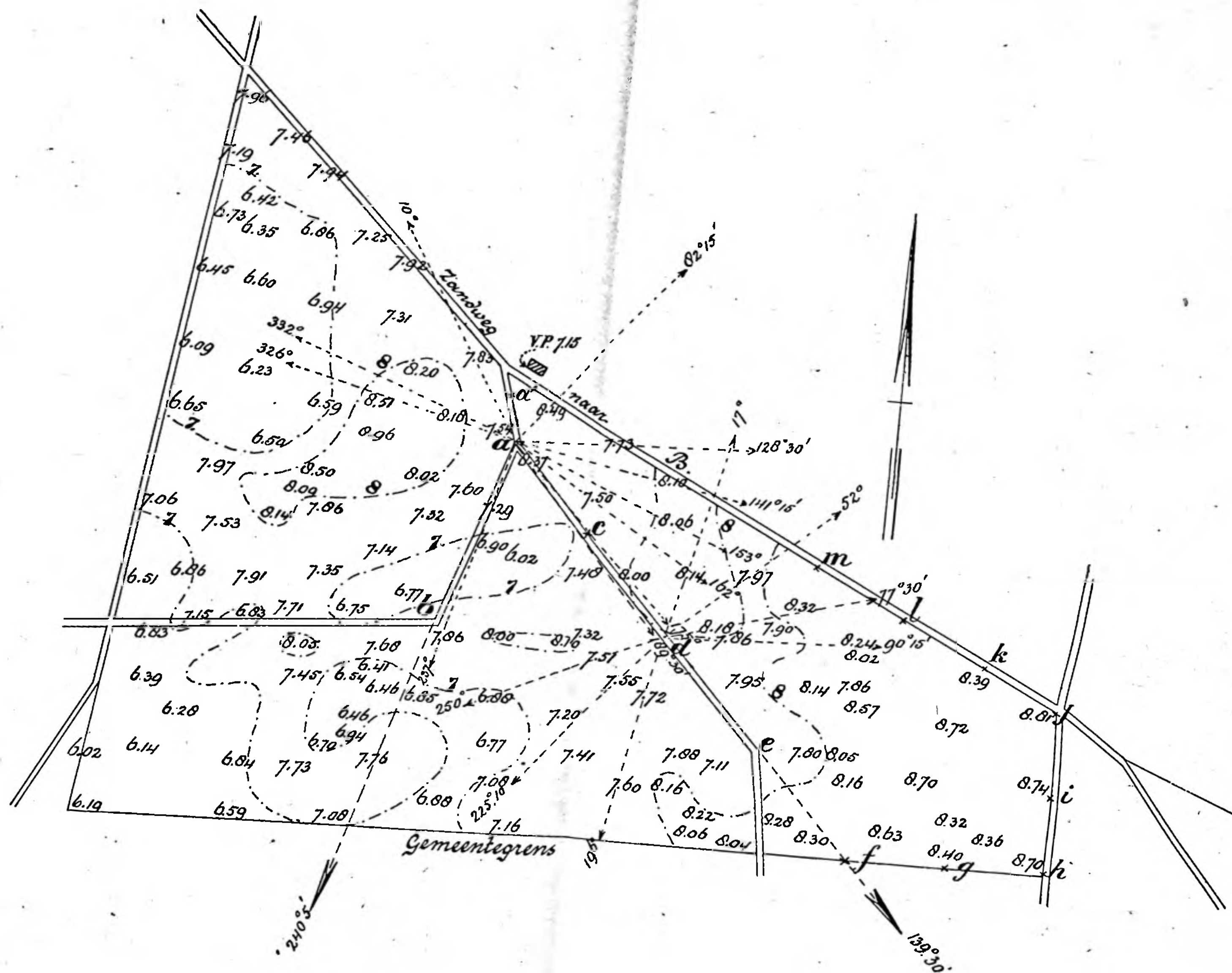


Fig. 152.

niveau (bij voorkeur een reversie-niveau), terwijl een alhidade, die zich langs de verdeelde verticale rand beweegt, vast met de kijker verbonden is. Evenals bij de beschreven tachymeter-theodoliet is de kijker van afstanddraden voorzien.

Voor het gemakkelijk en juist instellen bij het gebruik treft men het gewone micrometerwerk aan, zowel voor de draaiing in horizontale

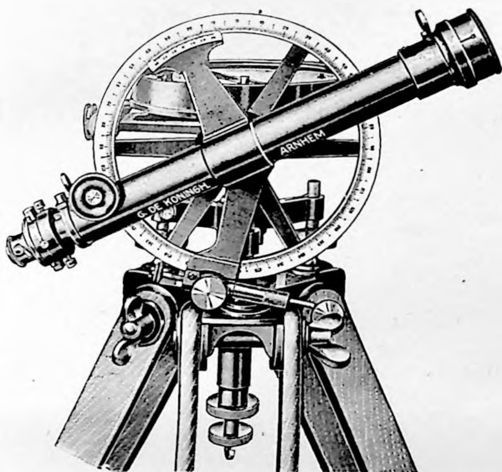


Fig. 153.

als in verticale zin. Uit deze beschrijving blijkt dus, dat het instrument alles bezit om het tot tachymeter te kunnen bestemmen.

§ 239. **Gebruik en regeling.**

De boussole tranche-montagne heeft zich vooral in Nederl.-Indië een grote plaats verworven bij de aldaar te verrichten metingen.

Hoewel in nauwkeurigheid achterstaande bij de tachymeter-theodoliet, verdient zij in vele gevallen, waar geen pijnlijke nauwkeurigheid verlangd wordt, de voorkeur boven deze, welke hoger eisen stelt aan de behandeling en in prijs de boussole tranche-montagne verre overtreft.

Het grote verschil in het gebruik is gelegen in de omstandigheid, dat men met de tachymeter-theodoliet de azimuths meet op de horizontale rand, terwijl bij de boussole tr. m. de azimuths door middel van de magneetnaald worden afgelezen.

Bij de becijfering van de verticale rand, zoals in fig. 153 is aangegeven, worden onmiddellijk elevatie- en depressiehoeken afgelezen. In

verband met deze wijze van becijfering behoort de nonius dubbel te zijn; de ene verdeling geldt alsdan voor de elevatiehoeken, en de andere voor de depressiehoeken. Zeer vaak treft men ook doorgaande becijferingen aan; de elevatie- of depressiehoeken moeten alsdan afgeleid worden.

Ten einde de juiste elevatie- of depressiehoeken te kunnen aflezen, is het nodig, dat de vizierlijn van de kijker horizontaal is, als de nonius op 0 staat. Om het instrument te regelen gaat men als volgt te werk. Men geeft de kijker een zodanige stand, dat de nonius op nul staat en richt vervolgens op een baak. De aflezing wordt genoteerd.

Daarna slaat men de kijker door, draait het instrument 180° om zijn verticale as, stelt de nonius op 180° (aangezien de alhidade van de kijker thans benedenwaarts is gericht), en leest wederom op de baak af. Zijn beide aflezingen gelijk, dan is de vizierlijn horizontaal; zijn ze niet gelijk, dan wordt met behulp van de correctieschroefjes van het diaphragma de aflezing op het gemiddelde der twee gevonden waarden gebracht, waardoor de vizierlijn aan de regelingseis voldoet.

De regeling geschiedt dus met behulp van de verticale rand, wat in het algemeen minder nauwkeurig is dan met behulp van een buisniveau. Men bedenke echter, dat het instrument niet bedoeld is voor zeer nauwkeurige hoogtemetingen (zoals o.a. bij het gebruik van een waterpasinstrument het geval is), en dat een fout van enkele centimeters in de hoogteligging der punten daarbij van geen betekenis wordt geacht voor de verkregen uitkomsten.

Om deze reden treft men dan ook meestal geen niveau op de kijker aan; is dit wel aanwezig dan kan het instrument tevens als waterpasinstrument dienst doen. De nodige evenwijdigheid van vizierlijn en richtlijn wordt dan verkregen op de wijze als is vermeld in § 169.

§ 240. Wijze van meten met de boussole tranche-montagne.

Het instrument wordt op overeenkomstige wijze gebruikt als de tachymeter-theodoliet. Voor de opname van een bepaald terrein van vrij grote omvang is het gewenst, dat ook in dit geval de meting gebaseerd is op een driehoeksnet of veelhoeksnet. Alleen bij opnemingen van geringe omvang kan in de meeste gevallen volstaan worden met een opmeting, geheel met de boussole tranche-montagne te verrichten.

Beschouwt men in de eerste plaats een opmeting, waarbij de basis wordt gevormd door een driehoeksnet, dan dient de wijze van werken dezelfde te zijn als is aangegeven in fig. 147. Men meet dan in elke standplaats rechtstreeks de azimuths met de boussole (dus minder nauwkeurig dan met de theodoliet). Hierbij is het dan ook niet nodig, dat een veelhoekspunt, waarop gericht wordt, tijdelijk wordt aangegeven door een jalon. Men richt in dit geval uitsluitend op de baak. Van veel belang is het echter om de horizontale draden zuiver af te lezen, ten einde de afstanden zo nauwkeurig mogelijk te verkrijgen.

Bij een opname van kleine omvang is het gewenst eerst de gehele omtrek op te meten. Men zorge hierbij de afstanden tussen de veelhoekspunten niet te groot te nemen (hoogstens 100 m), opdat

men geen al te grote fouten in de lengten der veelhoekszijden verkrijgt. De constructie van een op deze wijze gemeten net kan het best worden verricht als is aangegeven in fig. 96.

Is dit net vastgesteld en in tekening gebracht, dan wordt dit als de basis beschouwd voor de détailmetingen, op de wijze als in § 233 is besproken.

§ 241. **Berekening der uitkomsten.** Het berekenen der uitkomsten van de metingen, welke verricht worden met de tachymeter-theodoliet of met de boussole-tranche- montagne geschiedt met behulp der formules:

$$A \times v \cos^2 \alpha + B \cos \alpha \quad \text{en}$$
$$\tfrac{1}{2} A \times v \sin 2\alpha + B \sin \alpha,$$

in welke formules men gemeten heeft de grootheden v en α, terwijl verder bekend zijn de constanten A en B.

De voornaamste term in de eerste formule is $A \times v \cos^2 \alpha$, en in de tweede $\tfrac{1}{2} A \times v \sin 2\alpha$.

Moest men deze termen met behulp van een logarithmentafel berekenen, dan zou ongetwijfeld de cijferarbeid niet in overeenstemming zijn met het vlugge werken op het terrein. Wenselijk is het dus om met behulp van tabellen die grootheden te berekenen. Inderdaad bestaan dergelijke tafels onder welke die van „Dr. W. Jordan, Hilfstafeln für Tachymetrie", in verbinding met die van „Dr. F. Reger, Tachymeter Tafeln als Ergänzungen der Jordanschen Hilfstafeln für Tachymetrie", de meest uitgebreide vormen en zeer goed aan het doel beantwoorden. Zonder hier verder de tafels nauwkeurig te beschrijven, zij medegedeeld, dat Jordan en Reger als constante A nemen 100 (de meest gebruikelijke), terwijl voorts voor hoeken van 0°—30°, opklimmende met 1—3 minuten, de waarden: $A \times v \cos^2 \alpha$ en $\tfrac{1}{2} A\, v \sin 2\alpha$ voor afstanden tot 350 meter rechtstreeks in de tafels voorkomen.

De waarden $B \cos \alpha$ en $B \sin \alpha$ zijn uit de aard der zaak meestal weinig aan verandering onderhevig. Het is dan ook een geringe arbeid om die waarden van tevoren voor verschillende hoeken van 0°—30° te berekenen. Een dergelijke tabel kan voor eens en voor altijd gemaakt worden voor eenzelfde instrument; zij vormt dus een noodzakelijk complement van de zogenaamde Jordan-tafel.

Uit de wijze van meten der veelhoekszijden blijkt, dat elke veelhoekszijde tweemaal wordt gemeten. Men bepaalt dus voor elk veelhoekspunt tweemaal de afstand tot een volgend punt en ook tweemaal het hoogteverschil. Kleine verschillen zullen zich hierbij uit de aard der zaak steeds voordoen, waarom als definitieve waarde het gemiddelde wordt aangenomen.

Uit het bovenstaande volgt, dat men voor het bepalen der hoogteverschillen van een bekend hoogtepunt uitgaat.

Ten einde zo goed mogelijk contrôle te kunnen uitoefenen, is het daarom wenselijk dat van tevoren meerdere punten, bij voorkeur de veelhoekspunten, worden gewaterpast. Hierbij doet dus het niveau op de kijker dienst.

§ 242. Wijze waarop de uitkomsten in tekening worden gebracht.

Nadat de bovengenoemde waarden en zo nodig de coördinaten der veelhoekspunten zijn berekend, kan worden overgegaan tot het overbrengen van die uitkomsten op de kaart.

De gemeten richtingen der verschillende voerstralen, volgens welke

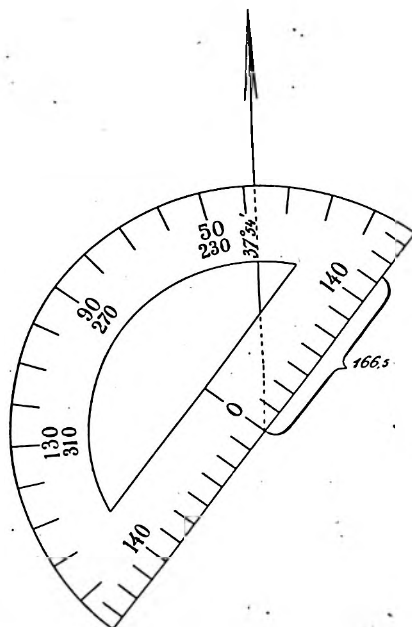


Fig. 154.

de punten zijn opgenomen, worden onmiddellijk met behulp van een tachy-transporteur of gradenboog op het papier overgebracht, waarna op deze lijnen de berekende afstanden worden uitgezet.

Een practische tachymeter-transporteur is weergegeven in fig. 154 en 155. Het instrument bestaat uit een hoornen of nieuw zilveren gradenboog, in negatieve richting becijferd. Langs de middellijn is een schaalverdeling aangebracht (aan de fabrikant op te geven), welke verdeling haar nulpunt heeft in het middelpunt van de boog. Volgens

de tekening is het gedeelte der schaal, rechts van het nulpunt, bestemd voor het uitzetten van afstanden, behorende bij azimuths tot 180°; het linker gedeelte voor azimuths van 180°—360°. Voor het gebruik zie men verder fig. 154 en fig. 155. Men legt het instrument zodanig op de

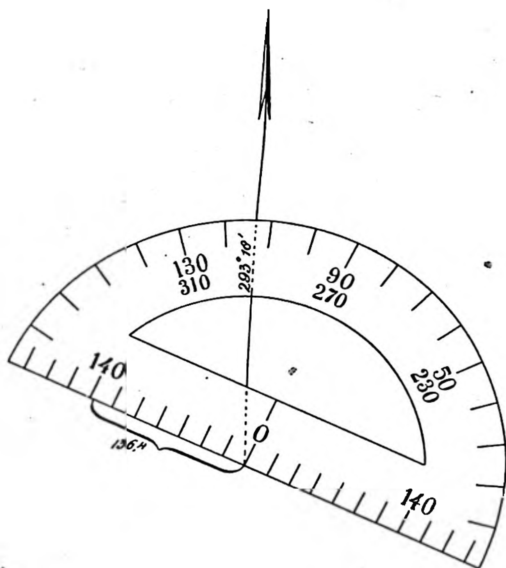


Fig. 155.

tekening, dat het middelpunt samenvalt met het veelhoekspunt, en de deelstreep van het gegeven azimuth met de meridiaan. Langs de schaal kan men nu terstond de afstand uitzetten.

Vervolgens worden de terreinhoogten ingevuld en kunnen ten slotte de gewenste hoogtelijnen op de kaart worden ontworpen, op dezelfde wijze als in fig. 147 is aangegeven.

HOOFDSTUK XVI.

Dubbelbeeld afstandmeting.

§ 243. Wanneer men voor het objectief van een theodoliet of waterpasinstrument een prisma plaatst met een kleine brekingshoek, zodanig dat het prisma slechts een gedeelte van het objectief bedekt, dan worden door de kijker van een bepaald voorwerp tegelijkertijd twee beelden waargenomen, welke ten opzichte van elkaar zijn verschoven.

Het prisma wordt voor het objectief geplaatst zoals fig. 156 schematisch aangeeft; de beeldvorming heeft plaats zoals fig. 157 eveneens schematisch aantoont.

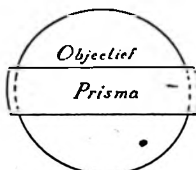


Fig. 156.

De stralen, afkomstig van het punt V^1, treffen het niet bedekte gedeelte van het objectief en vormen een beeld in V^3. De stralen, uitgaande van V^2, passeren het prisma en worden eveneens afgebeeld in V^3. In het punt V^3 ziet men dus twee volledige beelden van het voorwerp, welke ten opzichte van elkaar zijn verschoven.

In dit verband bedenke men, dat ieder deel van het objectief een volledig beeld vormt; het onbedekte deel geeft het niet verschoven beeld, het door het prisma bedekte deel het verschoven beeld. Ieder beeld heeft echter de halve lichtsterkte.

Naarmate het voorwerp verder van het prisma is verwijderd, zal de

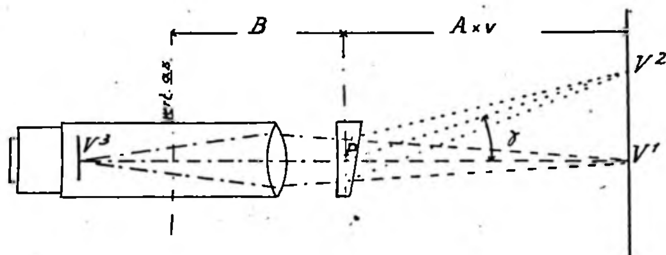


Fig. 157.

beeldverschuiving groter worden. Die verschuiving is een maatstaf voor de afstand, aangezien de brekingshoek van het prisma onveranderlijk is; die verschuiving is evenredig met de afstand PV^1.

Kent men dus de afstand V^1V^2 en de vermenigvuldigingswaarde, welke behoort bij de constante brekingshoek, dan is daarmede de afstand PV^1 te berekenen. Is die vermenigvuldigingswaarde A en de grootte der beeldverschuiving $V^1V^2 = v$, dan bedraagt de afstand van voorwerp tot

prisma A × v. Telt men hierbij de afstand van prisma tot verticale as van het instrument, welke eveneens een constante is voor een bepaald instrument en B wordt genoemd, dan bedraagt de afstand van opstellingspunt tot voorwerp A × v + B. In de regel bedraagt A 100.

Op dit beginsel berust de dubbelbeeld afstandmeting. Wordt namelijk in het punt V een baak horizontaal opgesteld, dan ziet men door de kijker zowel het onverschoven beeld als het verschoven. Beide baakbeelden vallen gedeeltelijk over elkaar en de index van het verschoven beeld valt een zekere afstand rechts van de index van het onverschoven beeld.

Een op de gewone wijze ingerichte baak zou moeilijkheden opleveren bij het aflezen, daar het dubbelbeeld een verwarde indruk zou maken. Daarom zijn speciale baken ontworpen.

Noniusbaak.

§ 244. Fig. 158 geeft het beeld van een noniusbaak, gezien door de kijker met prisma voor het objectief. Deze baak bevat een verdeling in volle centimeters en bovendien zijn op bepaalde afstanden uit het beginpunt der verdeling twee noniën aangebracht. De deelstrepen van de



Fig. 158.

baak en noniën zijn wit, terwijl de ondergrond zwart is gehouden. De noniën zijn zodanig op de baak aangebracht, dat de deelstrepen juist langs die van de baak schuiven, wanneer de beeldvorming wordt waargenomen.

De ene nonius bevindt zich iets rechts van het midden van de baak en dient voor het meten van korte afstanden, terwijl de andere gebruikt wordt bij lange afstanden.

Het zal begrijpelijk zijn, dat de indexstreep van de eerste nonius zodanig is geplaatst, dat zij als nulpunt der verdeling fungeert. De baakverdeling begint bij 20, omdat het veld onder de nonius zwart moet blijven ten einde door elkaar vallende beelden te voorkomen. Daar in de regel de te meten afstanden kleiner zullen zijn dàn 20 meter, levert dit geen bezwaar op.

Daar de baak echter slechts een beperkte lengte heeft, en men ook vrij grote afstanden moet kunnen meten, is de tweede nonius aangebracht op een rond aantal cm, b.v. 30, ten opzichte van het nulpunt. Men moet de berekende afstand bij gebruik van die nonius dus vermeerderen met 30 m.

De baak wordt niet zoals bij het waterpassen verticaal gehouden, doch ze wordt horizontaal op een statief opgesteld. De horizontale stand

heeft het voordeel, dat de verschuiving van de beelden ten opzichte van elkaar onafhankelijk is van de hoogteligging van de baak, wat bij gebruik van een verticale baak niet het geval is.

Teneinde de horizontale afstand van instrument tot baak te vinden, moet de gemeten scheve afstand vermenigvuldigd worden met de cos. van de hellingshoek.

Een ander groot voordeel is de gelijktijdige waarneming van baak en nonius in hetzelfde beeldvlak van de kijker; van parallax, welke bij de dradenafstandmeter vaak storend optreedt, is geen sprake.

Overigens zal uit het vorenstaande duidelijk zijn geworden, dat geen kruisdraden in de kijker nodig zijn.

Volgens fig. 158 wordt op de 0 nonius afgelezen 62.84 en volgens de +30 nonius 32.84. Laatstgenoemd getal moet dus vermeerderd worden met 30. Telt men vervolgens bij 62.84 de constante B van het gebezigde instrument, dan heeft men de gevraagde afstand in meters, aannemende dat de vermenigvuldigingsconstante 100 bedraagt.

§ 245. **Verbeterde noniusbaak of Kruidhofbaak.** (Fig. 159).

De inrichting van deze baak berust op hetzelfde beginsel als het voorgaande. In plaats echter van een enkele baakverdeling bracht Prof. Kruidhof twee precies gelijke verdelingen aan, elk met een dubbel stel noniën.



Fig. 159.

De 0 noniën zijn echter zodanig aangebracht, dat de nulpunten niet corresponderen met het nulpunt der baakverdeling, doch in die zin, dat het ene een zeer geringe afstand daarvan afwijkt en het andere diezelfde geringe afwijking vertoont, doch in tegengestelde zin. Het juiste nulpunt ligt dan precies in het midden. Hetzelfde vindt plaats bij de



Fig. 160.

+30 nonius, doch de afwijking tusschen de nulpunten der noniën is een weinig groter.

Deze schikking werd gedaan om zoveel mogelijk onafhankelijke

aflezingen te verkrijgen, daar de practijk uitwijst, dat men zich licht laat beïnvloeden, wanneer met eenzelfde nonius tweemaal wordt afgelezen.

Men krijgt dus voor elke nonius 2 aflezingen, waarvan men het gemiddelde zou moeten nemen. Om dit te voorkomen bracht Kruidhof de decimetergetallen aan op de helft der waarde, zodat men slechts de beide aflezingen behoeft op te tellen om de gevraagde gemiddelde aflezing te verkrijgen. Een verdere verbetering bestond in het aanbrengen van gele deelstrepen in plaats van witte, wat de helderheid van het beeld zeer ten goede komt. Ten slotte vallen in het beeld de deelstrepen van nonius en baak een weinig over elkaar, wat een scherpe aflezing mogelijk maakt.

De opstelling van de baak geschiedt, zoals in fig. 160 is aangegeven.

§ 246. Veldenmillimeterbaak of Dieperinkbaak.

Door Prof. Ir. Dieperink werd een baak geconstrueerd als in fig. 161 is aangegeven. Zij wijkt sterk af van de baken, welke tot dusver werden besproken.

Dieperink bracht drie rijen afwisselend zwarte en witte trapezia aan

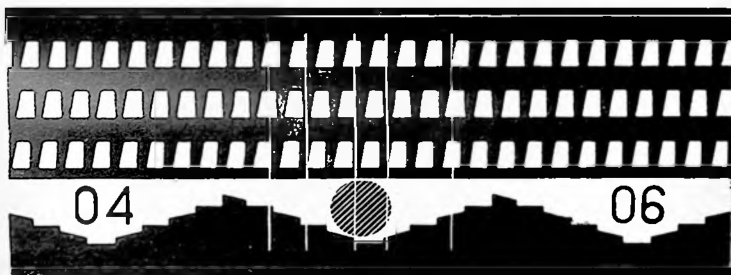


Fig. 161.

ter hoogte van een centimeter en met rechthoekszijden van 6 en 4 mm. De rijen zijn gescheiden door een zwarte ondergrond ter breedte van een centimeter. Langs de onderkant van deze millimetervelden werden, zoals fig. 161 aangeeft, de decimetervakken in volle centimeters aldus aangeduid, dat de oneven centimeters door een schuine lijn en de even centimeters door een horizontale lijn worden begrensd.

In plaats van een nonius werden drie groepen, telkens van vijf strepen, op bepaalde afstanden van het beginpunt der baakverdeling aangegeven, overeenkomstig het beginsel der noniusbaken.

Die vijf strepen van elke groep zijn zodanig geplaatst, dat telkens de middelste streep als indexstreep is te beschouwen; de vier andere strepen zijn zodanig geplaatst, dat het gemiddelde van de aflezingen der vier strepen (dus ook het gemiddelde der vijf strepen) moet over-

eenkomen met de aflezing van de middenstreep. Hierdoor wordt blijkbaar een scherpe contrôle mogelijk gemaakt. De indexstrepen der drie groepen staan op 0, 0.2 en 0.3 m van het begin der baakverdeling. Voor de afstanden van 50 tot 80 meter kan men dus 15 aflezingen doen.

De aflezing berust op het beginsel „aflezing volgens het midden".

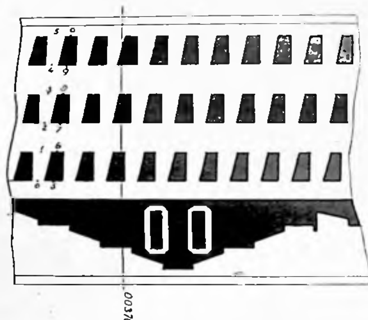


Fig. 162.

In fig. 162 is aangegeven hoe de millimeters worden afgelezen. Zeer geoefende waarnemers kunnen zelfs $^1/_{10}$ mm schatten.

Uit een en ander moge blijken, dat deze baak voor zeer geoefende waarnemers een middel vormt om de optische afstandmeting met zeer grote nauwkeurigheid te verrichten. In de practijk heeft deze baak echter nog weinig toepassing gevonden, vooral om de hoge eisen, welke aan het scherpe waarnemingsvermogen moeten worden gesteld. Overigens hebben proeven bewezen, dat de resultaten bij gebruik van de verbeterde noniusbaak niet behoeven onder te doen voor die van de Dieperinkbaak, terwijl de aflezing van eerstgenoemde baak belangrijk minder vermoeiend is voor het oog.

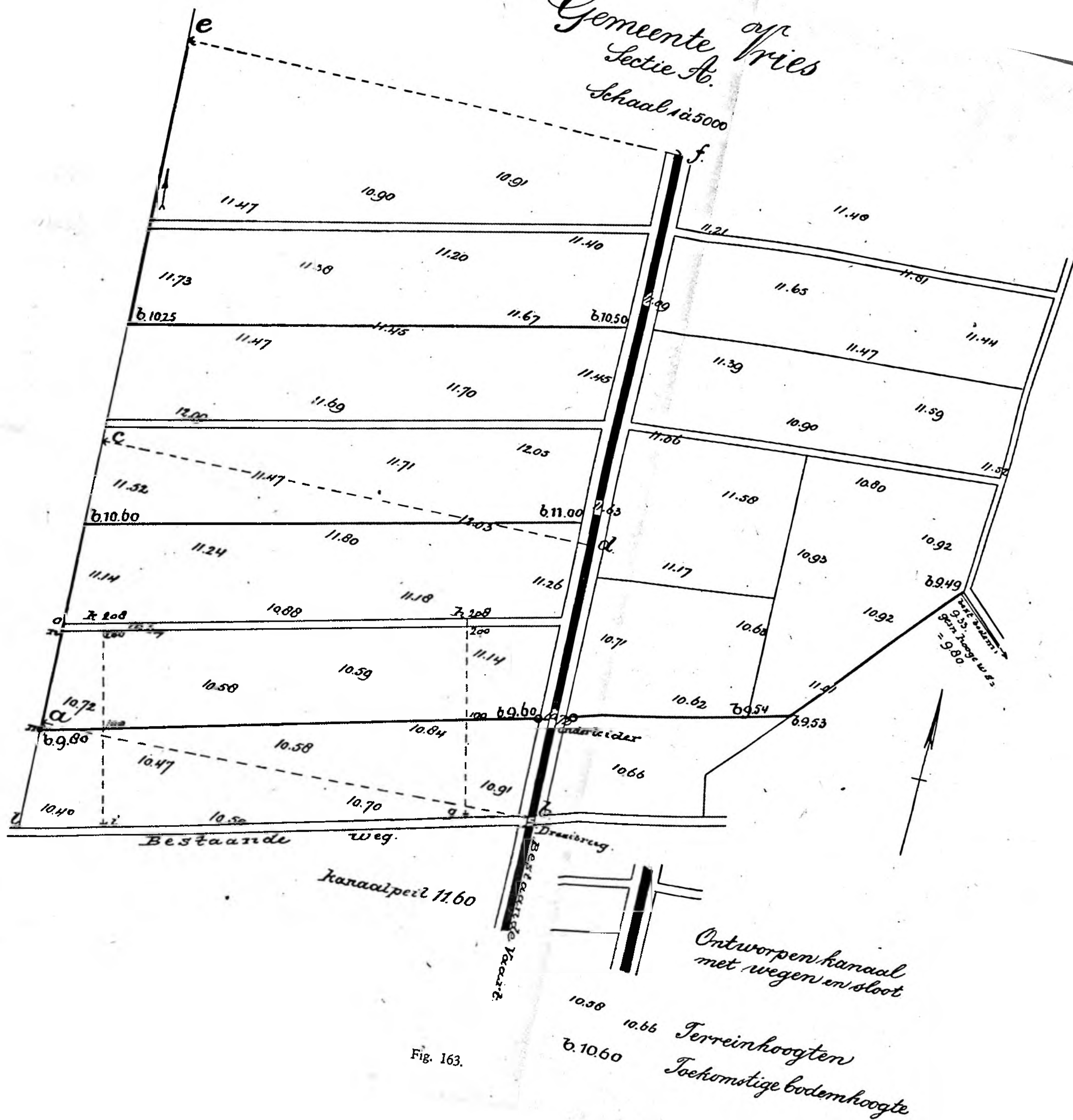

Gemeente Vries
Sectie A.
Schaal 1 à 5000
e
f.
c
d.
a
b
Onderleider
Bestaande weg.
Kanaalpeil 11.60
Bestaande Vaart.
Ontworpen kanaal met wegen en sloot
10.58 10.66 Terreinhoogten
b.10.60 Toekomstige bodemhoogte

Fig. 163.

HOOFDSTUK XVII.

Uitzetten.

§ 247. Bij de uitvoering van verschillende cultuurtechnische werkzaamheden komt het zeer dikwijls voor, dat een op tekening aangegeven plan op het terrein moet worden uitgezet.

Men verstaat hieronder het aangeven van alle lijnen, volgens welke men een bepaald terrein wenst in te delen. Tot die lijnen behoren dan in de eerste plaats wegen, sloten en waterleidingen.

§ 248. Aan de hand van een voorbeeld, aan de praktijk ontleend, hetwelk in fig. 163 voorkomt, zal in het volgende worden besproken, op welke wijze de uitzetting plaats vindt.

Men ziet, dat de hoogteligging van het terrein is opgenomen met behulp van een kwadraatnet; de figuur geeft een klein gedeelte weer van een grote oppervlakte heidegronden, waarover op soortgelijke wijze als in fig. 127 is aangegeven, bedoeld kwadraatnet is gelegd.

Nu de verschillende terreinhoogten bekend zijn, kan dus in verband met de waterstanden in het aanwezige kanaal en de waterleiding worden nagegaan, op welke wijze de ontwatering moet plaats hebben, zomede waar de verschillende wegen zullen aangelegd worden. Deze wegen en waterleidingen zijn in het plan aangegeven.

Het kanaal, met de wegen ter weerszijden, moet evenwijdig met de westgrens van het terrein worden uitgezet. Men meet daartoe op het terrein de afstand *ab*, dat is de afstand van het einde der bestaande vaart tot aan de westelijke grens. Gemakshalve neemt men bij deze meting aan de as van het kanaal. Vervolgens wordt uit een willekeurig punt *c* op de westgrens dezelfde gemeten afstand loodrecht op de grens uitgemeten en het eindpunt *d* aangegeven met een jalon.

Daarna meet men nog uit een punt *e*, eveneens op de grens gelegen, een loodlijn *ef* af, welke dezelfde lengte heeft als *ab* en gaat thans na op de punten *b*, *d* en *f* in één rechte lijn zijn gelegen.

Blijkt zulks in orde te zijn, dan is dus de richting van het te graven kanaal met de aan te leggen zijwegen bepaald en kan men overgaan tot het aangeven der richting van de overige wegen en de waterleidingen.

Door meting op het plan blijkt, dat in het gedeelte, ten westen van het te graven kanaal, de aan te leggen wegen en sloten alle evenwijdig met de bestaande weg ten zuiden van het terrein lopen.

De wegen krijgen een breedte van 8 meter, terwijl de terreinstrook, tussen twee wegen in, juist 200 meter breed is. Deze stroken worden weer door sloten juist middendoor gedeeld. Ten einde nu gemakkelijk het uitzetten te kunnen uitvoeren, gaat men als volgt te werk:

Van uit een willekeurig punt *g* op de noordgrens van de bestaande weg, liefst zo dicht mogelijk bij *b*, richt men een loodlijn op en meet van uit *g* nauwkeurig de afstanden van 100 m, 200 m en 208 m af. Deze punten worden met jalons aangegeven. Op gelijke wijze richt men

in *i* een loodlijn op en bepaalt ook hier de afstanden van 100 m, 200 m en 208 m. Verbindt men nu de overeenkomstige punten met elkaar door een rechte lijn, dan verkrijgt men hierdoor de richtingen van de weg en de sloot.

De punten *m*, *n* en *o* kan men dus op het terrein aangeven en eveneens de overeenkomstige punten langs het kanaal.

Thans meet men zeer nauwkeurig vanuit *l* de afstanden *lm*, *ln* en *lo* en gaat na, of dezelfde afstanden worden verkregen langs het kanaal. Zijn deze cijfers definitief vastgesteld (kleine verschillen kunnen uit de aard der zaak niet voorkomen worden), dan zet men zowel langs de westgrens van het terrein als langs het kanaal deze afstanden uit en duidt ze achtereenvolgens met zware piketten aan.

De overige lijnen welke moeten worden uitgezet in het gedeelte ten oosten van het kanaal, worden op soortgelijke wijze uitgemeten, waarbij men dus weer uitgaat van de bekende, op het terrein aanwezige punten. De weg langs de oostgrens is ook een bestaande, zodat men, langs deze grens metende, kan uitgaan van het punt, waar de bestaande waterleiding begint.

In het algemeen kan men zeggen, dat men bij het uitzetten van een of ander plan steeds begint met de hoofdlijnen zo nauwkeurig mogelijk aan te geven, waarna de détails weer met behulp dier hoofdlijnen bepaald worden.

§ 249. Nadat op de hier beschreven wijze de verschillende lijnen zijn aangegeven op het terrein, gaat men over tot de verdere uitzetting van kanaal en waterleidingen.

Het kanaal verkrijgt in het hier bedoelde plan een bodembreedte van 5 meter, terwijl de hoogte van de bodem 10.10 + N.A.P. bedraagt. De zijwanden worden gegraven met een talud van 1 : 1 en met de ontgraven grond worden de wegen naast het kanaal aangelegd [1]).

Met deze gegevens voor ogen zal worden nagegaan op welke wijze het uitzetten plaats vindt. In de eerste plaats wordt opgemerkt, dat het niet mogelijk is om op het terrein een hoogte van 10.10 + N.A.P. aan te

[1]) Onder een talud van 1 : 1 verstaat men de helling, bij welke de twee rechthoekszijden van de rechthoekige driehoek, die de grootte van de helling bepaalt, zich verhouden als 1 : 1. Het eerste cijfer geeft dan de verticale rechthoekszijde (diepte) aan, terwijl het laatste cijfer de horizontale rechthoekszijde aanduidt. Zo geeft in fig. 164 de lijn AB een talud aan van 1 : $1^1/_4$, terwijl in fig. 165 de lijn AB een talud van 1 : $1^1/_2$ aangeeft. Ten einde zich niet te vergissen in de schrijfwijze, herleidt men de diepte steeds tot 1. Het eerste verhoudingscijfer geeft steeds de diepte aan.

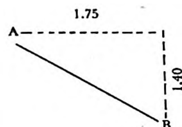


Fig. 164.

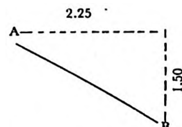


Fig. 165.

geven zonder een ingraving te maken. Toch moet die hoogte worden aangeduid en men brengt daarom een hoogte-merk aan, dat op een bepaalde afstand boven de gevraagde hoogte is gelegen. Deze afstand noemt men „zicht". Zo zal in fig. 163 de bodem van het kanaal worden aangegeven met 1.50 m zicht, waardoor dus de hoogtemerken worden aangebracht op 11.60 + N.A.P. Behoudens een enkel geval is dan overal het hoogtemerk boven het terrein gelegen.

Nu is op een hoogte van 11.60 + N.A.P. de toekomstige breedte van het kanaal 5 m + 2 × 1.5 m = 8 m.

Op regelmatige afstanden van bijv. 50 m zet men vervolgens de breedte van het kanaal op de hoogte van 11.60 + N.A.P. uit. Uit de as van het kanaal wordt daartoe ter weerszijden een piket geplaatst. Beschouwt men thans de fig. 166, dan merkt men het volgende op. Bij A en

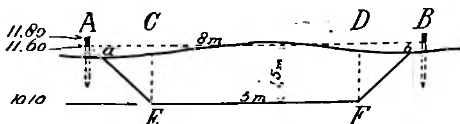


Fig. 166.

B zijn hoogte-piketten geslagen, niet op een hoogte van 11.60 + N.A.P. doch op 11.80 + N.A.P.; dus op 0.20 m „boven zicht".

Dit wordt gedaan om de volgende reden, waarbij zij verwezen naar figuur 167, waar de piketten moesten worden ingegraven in verband met de grotere terreinhoogte.

Zodra nl. in fig. 167 de ontgraving heeft plaats gehad, zal men de

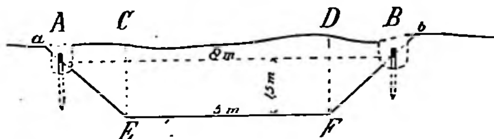


Fig. 167.

piketten 0.20 m zien uitsteken boven het talud; dit is gewenst ter verkrijging van een gemakkelijke contrôle.

Aangezien de piketten, naar gelang van de hoogteligging van het terrein, nu eens een eind boven maaiveld en dan weer beneden maaiveld moeten worden geplaatst, is het in de praktijk aan te bevelen een uniforme regeling toe te passen, zoals in de figuren 166 en 167 is aangegeven. Men ziet dan na de voltooiing van het grondwerk steeds de piketten boven het werk staan. (Het spreekt vanzelf, dat de aanname van 0.20 m „boven zicht" in bovenstaande willekeurig is gekozen).

Het vak CDFE kan met loodrechte zijwanden gegraven worden tot 10.10 + N.A.P., waardoor de punten E en F bekend zijn. Ten einde nu na te gaan, waar met het graven der taluds begonnen moet worden, meet men de hoogte van de piketten boven de grond en zet deze afstanden in fig. 166, verminderd met 20 cm, **binnenwaarts** uit, waardoor men de punten a en b verkrijgt. Denkt men zich nu de punten a en E en b en F door een rechte lijn verbonden, dan geeft deze lijn de gevraagde helling aan.

Bevonden zich de piketten een geringe afstand onder het terrein (fig. 167), dan werd de nodige afstand **uitwaarts** gezet, waardoor het begin der uitgraving bepaald werd.

§ 250. Op gelijke wijze als hier voren beschreven is bij het uitzetten van het kanaal, wordt ook te werk gegaan bij het uitzetten van sloten. Hierbij moet dan op regelmatige afstanden ook het verval in de bodem worden aangegeven. Zo ziet men in fig. 163 dat de bodem van de waterleiding, welke onder het kanaal door geprojecteerd is, een verval heeft van 0.31 m totaal. Brengt men hier de hoogtemerken aan met 1 m zicht, dan bedraagt de hoogte der piketten bij *m* 10.80 + N.A.P. bij de onderleider 10.60 + N.A.P. en bij het begin van de reeds bestaande waterleiding 10.49 + N.A.P. Voor het eerst genoemde gedeelte tot aan het kanaal bedraagt dus het verval ± 4 cm per 100 m, en worden de hoogtemerken achtereenvolgens aangebracht (bij afstanden van 50 meter) op 10.78 + N.A.P., 10.76 + N.A.P. enz.

§ 251. Voor het aangeven van de lijnen van ingraving is het echter niet geheel voldoende, indien men de hoogtemerken op afstanden van

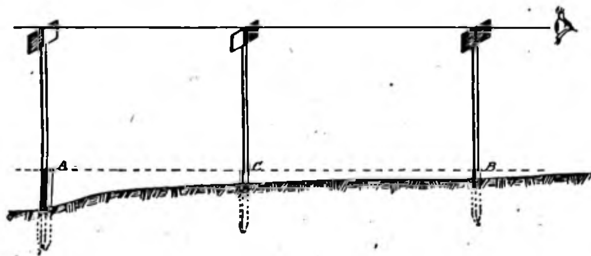


Fig. 168.

50 m aanbrengt. Ter verkrijging van een zuiver talud dient men op afstanden van ± 10 meter eveneens hoogtemerken aan te brengen.

Deze worden echter nu niet meer met het waterpasinstrument aangegeven, doch met behulp van de zogenaamde „zichten".

Hieronder verstaat men een drietal latten ter lengte van 1 m à 1.50 m, waarvan er twee zuiver evenlang zijn, terwijl de derde een weinig langer is en voorzien van een punt, opdat deze lat in de grond kan worden ge-

stoken. Er is op deze lat een merkstreep aangebracht, op een afstand gelijk aan de lengte der andere zichten. Alle drie latten zijn van boven voorzien van een dwarsplankje, hetwelk voor de ene helft wit en voor de andere helft rood of zwart is geverfd. In fig. 168 is aangegeven op welke wijze de zichten gebruikt worden.

De punten A en B zijn twee piketten, welke een bepaalde hoogte hebben en men wenst in de lijn A B op het terrein nog enige piketten aan te brengen, zodanig, dat de lijn gaande over de koppen van al deze piketten een rechte lijn is.

Daartoe zet men onmiddellijk achter een der vaste piketten (bijv. A) het zichtje voorzien van de punt, zodanig, dat de merkstreep overeenkomt met de kop van het piket. Bij B houdt men een der zichten vast op het piket en laat nu door een helper op een van te voren geplaatst piket C het derde zichtje vast houden. Viseert men nu over de bovenkant der plankjes bij B en bij C naar A, dan kan men onmiddellijk nagaan of de piketten A, B en C in een zelfde rechte lijn zijn gelegen. Het piket C wordt dus zoveel hoger of lager geplaatst, tot de bovenkanten der drie plankjes in een rechte lijn zijn gelegen.

Op deze wijze kunnen zoveel piketten tussen A en B worden geslagen als men zelf wil.

Ten einde het viseeren naar wens te kunnen uitvoeren, zijn de zichtjes bij A en bij C gewoonlijk zodanig geverfd, dat de kleur der verdeelde plankjes met elkaar afwisselt. Het gedeelte, dat bij het zichtje C wit is, heeft dan tot achtergrond een donker vlak en omgekeerd. Het zichtje bij B is vaak met een enkele kleur geverfd.

§ 252. Bij het graven van sloten, het egaliseren van terreinen, het aanleggen van wegen, kortom bij de meeste grondwerken wordt een veelvuldig gebruik gemaakt van zichten. Bij het aangeven van verhanglijnen vooral zijn ze zeer op hun plaats, daar hierbij niet zoals bij het gebruik van een waterpasinstrument berekeningen nodig zijn, om over een bepaalde afstand het verval te kunnen aangeven.

§ 253. Het uitzetten van cirkelbogen.

Het uitzetten van cirkelbogen komt veelvuldig voor bij de aanleg van spoorwegen, kanalen, wegen, waterleidingen enz., omdat men, gebruik makende van cirkelbogen bij het een of andere project, de zekerheid heeft, dat een dergelijke lijn een zuiver verloop heeft. Gewoonlijk komt het uitzetten van cirkelbogen neer op het vraagstuk om twee gegeven lijnen volgens een cirkelboog, beschreven met een gegeven straal, met elkander te verbinden. Van de boog moeten daartoe verschillende punten op het terrein worden aangegeven, waaruit duidelijk het beloop is te zien. Die punten worden bij voorkeur op gelijke afstanden van elkaar genomen, zodanig, dat men met een geringe berekening of meting desgewenst nog meerdere tussenpunten kan bepalen.

§ 254. Het middelpunt van de cirkelboog wordt op het terrein **niet** aangeduid; men kan hier dus geen gebruik van maken. Kent men

echter de richting der twee te verbinden lijnen, zomede de lengte van de straal, dan kan de cirkelboog op de volgende wijze worden uitgezet. (Zie fig. 169).

De lijnen A B en C D zijn op het terrein ieder door 2 jalons aangegeven, terwijl zij volgens een boog, met een straal van *a* meter moeten verbonden worden. Men verlengt nu de lijnen B A en D C tot in hun

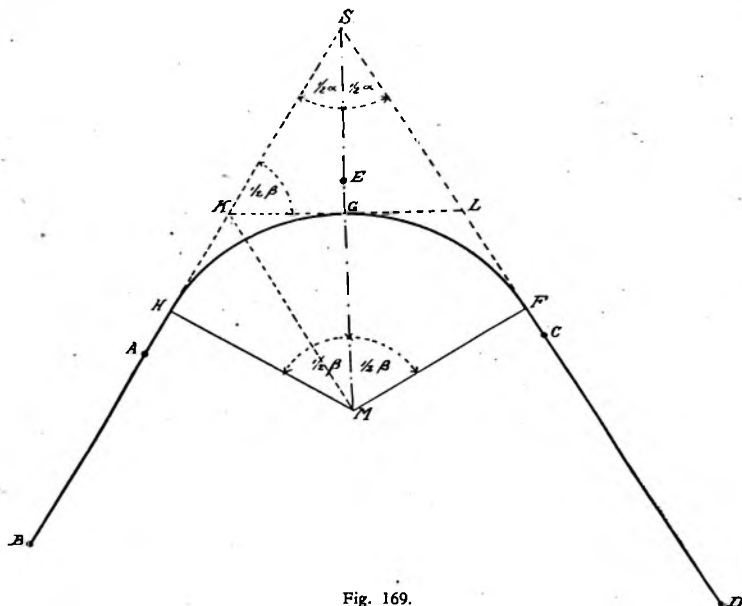


Fig. 169.

snijpunt S. Vervolgens stelt men in S een theodoliet of ander hoekmeetinstrument op en meet de hoek A S C. Onmiddellijk na deze meting kan men de richting S M uitzetten, door de gemeten hoek te halveren. De lijn S M is dus de verbindingslijn van snijpunt en middelpunt. Met behulp van een jalon E geeft men die richting aan.

§ 255. Het is nu in de eerste plaats nodig de hoofdpunten van de boog aan te geven, want de grote regel in het landmeten, nl. om steeds van het grote in het kleine te meten, is ook hier weer geldig. De gevraagde hoofdpunten zijn F, G en H, van welke F en H de **tangentpunten** en G het **midden-boogpunt** worden genoemd.

De tangentpunten worden als volgt berekend:

$$S\,F = S\,H = a \operatorname{tg} {}^1/_2\,\beta \quad \dots\dots\dots\dots \quad (1)$$

Het middenboogpunt G wordt gevonden door de afstand S G van S uit te zetten op de lijn S E.

$$S\,G = S\,M - a = a \sec. {}^1/_2\,\beta - a = a\,(\sec. {}^1/_2\,\beta - 1) \quad \dots\dots \quad (2)$$

Ook nog op een andere wijze kan de lengte van S G gevonden worden. Denkt men zich nl. de raaklijn K L in G getrokken, dan is:

$$K\,H = K\,G.$$

Verder is in $\triangle$ K G M:

$$K\,G = a \operatorname{tg} {}^1/_4\,\beta.$$

en in $\triangle$ S G K is: $\quad S\,G = K\,G \operatorname{tg} {}^1/_2\,\beta,$ zodat

$$S\,G = a \operatorname{tg} {}^1/_2\,\beta \operatorname{tg} {}^1/_4\,\beta \quad \dots\dots\dots\dots \quad (3)$$

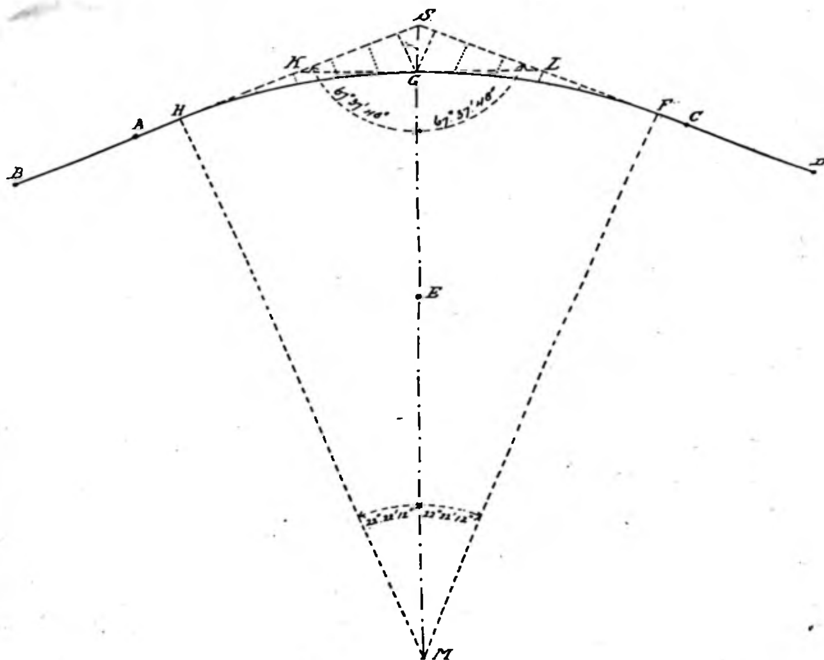


Fig. 170.

Door toepassing der formules (2) en (3) heeft men hierin een contrôle op de berekening.

§ 256. **Toepassing.** De lijnen A B en C D in fig. 170 zijn op het terrein uitgebakend, waarna men door meting met een theodoliet heeft gevonden een waarde van 135° 15′ 36″ voor ∠ A S C. De lijnen A B en C D moeten verbonden worden door een cirkelboog, beschreven met een straal van 150 m. Men vraagt de bepaling der tangentpunten H en F en het middenboogpunt G.

Oplossing: $\angle S = 135° 15' 36''$
$^1/_2\, \alpha = 67° 37' 48''$
$^1/_2\, \beta = 22° 22' 12''$ $\quad ^1/_4\, \beta = 11° 11' 6''$.

Door toepassing van formule (1) vindt men:

$S H = S F = 150 \text{ tg } 22° 22' 12''$.

$$\begin{aligned} \log. 150 &= 2.17609 \\ \log. \text{tg}. 22° 22' 12'' &= 9.61443 \\ \hline \log. S H &= 1.79052 \\ S H &= 61.733 \end{aligned}$$

Van S uit moeten dus op de lijnen S A en S C afstanden van 61.733 meter worden uitgezet ter vaststelling van de tangentpunten.

Door toepassing der formules (2) en (3) vindt men:

$$S G = 150 (\text{sec}. 22° 22' 12'' - 1) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

$$S G = 150 \text{ tg } 22° 22' 12'' \text{ tg } 11° 11' 6'' \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \log. 150 &= 2.17609 \\ \log. (\text{sec}. 22° 22' 12'' - 1) &= 8.91052 \\ \hline \log. S G &= 1.08661 \\ S G &= 12.207 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log. 150 &= 2.17609 \\ \log. \text{tg}. 22° 22' 12'' &= 9.61443 \\ \log. \text{tg}. 11° 11' 6'' &= 9.29608 \\ \hline \log. S G &= 1.08660 \\ S G &= 12.207 \end{aligned}$$

Van S uit wordt in de richting S E een afstand van 12.207 meter uitgezet, ter bepaling van het middenboogpunt G.

§ 257. Van de gevraagde cirkelboog zijn nu de drie hoofdpunten bepaald en rest dus nog de vaststelling van een aantal détailpunten.

Hiertoe staan meerdere wegen open, van welke de meest gebruikelijke zijn in ons land:

1e. De methode der rechthoekige coördinaten met gelijke boogverschillen.

2e. De methode der rechthoekige coördinaten met gelijke abscissenverschillen.

3e. De methode der verlengde koorde.

§ 258. **Rechthoekige Coördinaten met gelijke boogverschillen.**

Volgens deze methode werkende, verkrijgt men de beste bepaling der détailpunten, waardoor het juiste beloop van de boog wordt verzekerd.

In fig. 171 zijn de punten C, F, G, enz. zodanig gekozen, dat de lengten der bogen A C, C F en F G aan elkaar gelijk zijn.

Dientengevolge hebben de afstanden A B, B E, E H enz., alsmede B C, E F, H G enz., verschillende waarden, welke als volgt worden gevonden:

Van de boog is bekend de straal van de cirkel, zomede de lengte der

Fig. 171.

verschillende boogdelen. Stelt men de straal = R en het boogdeel = *a*, dan is

$$\angle \alpha = \frac{a}{2\pi R} \times 360^\circ = \frac{a}{\pi R} \times 180^\circ \quad \text{. . . . .} \quad (4)$$

Laat men nu uit het punt C een loodlijn C D neer op M A, dan is:

$$D C = A B = R \sin \alpha \quad \text{. . . . .} \quad (5)$$

$$\text{en } A D = B C = R - R \cos \alpha = R(1 - \cos \alpha) = R\, 2 \sin^2 {}^1/_2\, \alpha \quad \text{. . .} \quad (6)$$

Op dezelfde wijze blijkt, dat voor de overige afstanden gevonden wordt:

$$A E = R \sin 2\alpha \qquad A H = R \sin 3\alpha$$

$$E F = R\, 2 \sin^2 \alpha \qquad H G = R\, 2 \sin^2 1^1/_2\, \alpha.$$

Voorbeeld: zie fig. 171.

Gegeven: R = 150

a = 10.

Oplossing:

$$\angle \alpha = \frac{10}{\pi \times 150} \times 180^\circ = \frac{648000''}{15\pi} = 3^\circ\, 49'\, 11''$$

$$A B = 150 \sin 3^\circ\, 49'\, 11'' = 9.99$$

$$B C = 150 \times 2 \sin^2 1^\circ\, 54'\, 35'' = 0.33$$

$$A E = 150 \sin 7^\circ\, 38'\, 22'' = 19.94$$

$$E F = 150 \times 2 \sin^2 3^\circ\, 49'\, 11'' = 1.33$$

$$A H = 150 \sin 11^\circ\, 27'\, 33'' = 29.80$$

$$H G = 150 \times 2 \sin^2 5^\circ\, 43'\, 46'' = 2.99$$

Op het terrein worden nu met behulp van meetband en hoekspiegel nauwkeurig langs de raaklijn van A uit de afstanden A B, A E en A H, zomede de loodlijnen B C, E F en H G uitgezet. De punten C, F, G enz. worden met stevige piketten aangeduid.

§ 259. Zoals men ziet, vereist de methode vrij langdurige berekeningen, iets, wat te velde dikwijls zeer hinderlijk en tijdrovend is. Er bestaan daarom handboekjes over dit onderwerp, waarin de gevraagde afstanden voor de meest voorkomende stralen en booglengten onmiddellijk zijn op te slaan.

Van deze tabellarisch ingerichte boekjes is wel het gemakkelijkst „G. H. A. Kröhnkes Taschenbuch zum abstecken von Kurven auf Eisenbahn und Wegelinien". Na vooraf een volledige uitleg te hebben gegeven omtrent alle methoden voor het uitzetten van cirkelbogen, worden tabellen gegeven voor het uitzetten volgens de in de vorige paragrafen omschreven methode der gelijke boogverschillen.

Men vindt in de tabellen rechtstreeks:

1°. De lengte van de raaklijnen, de lengte van de gehele boog, van de halve koorde, van de coördinaten van het middenboogpunt, en de afstand van het middenboogpunt tot het hoekpunt voor een boog, beschreven met een straal van 1000 m en voor middelpuntshoeken van 0—120° met opklimming van 10 minuten.

2°. De waarden voor de abscissen en voor de bijbehorende ordinaten voor gelijke booglengten van 5, 10, 50 of 100 meter en voor stralen van 20 tot 10000 meter.

3°. De grootte van de middelpuntshoek voor booglengten van 1 tot 9 meter, bij stralen van 20 tot 10000 meter.

§ 260. **Rechthoekige coördinaten met gelijke abscissen-verschillen.**

Deze methode heeft veel overeenkomst met de eerstgenoemde. In plaats echter van gelijke boogafstanden neemt men gelijke afstanden langs

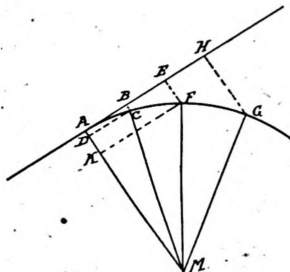


Fig. 172.

de raaklijn; het gevolg is dan ook een ongelijke verdeling der punten van de boog.

In fig. 172 zijn de afstanden A B, B E, E H, enz. aan elkaar gelijk, zodat dus de loodlijnen B C, E F en H G moeten berekend

worden. Noemt men in fig. 172 de straal van de cirkel R en de gelijke abscissen-lengten a, dan is:

$$D M = \sqrt{R^2 - a^2} \text{ en } A D = B C = R - \sqrt{R^2 - a^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (7)$$

Evenzo is:

$$E F = R - \sqrt{R^2 - 4\,a^2}$$
$$H G = R - \sqrt{R^2 - 9\,a^2}.$$

Men ziet, dat deze methode belangrijk minder berekeningen vereist dan de eerstgenoemde, waar echter het nadeel tegenover staat, dat de punten ongelijk verdeeld worden, terwijl tussenpunten niet anders verkregen kunnen worden dan door een voorafgaande berekening.

Bij gelijke boogverschillen evenwel kan men op een eenvoudige wijze meerdere tussenpunten bepalen, terwijl het goede beloop van de boog gemakkelijk kan gecontroleerd worden door van een boogdeel, door drie piketten aangeduid, de hoogte van de pijl te meten. De pijlen moeten dan steeds dezelfde waarde hebben.

§ 261. Evenals bij de methode der gelijke boogverschillen bestaan ook tabellen voor de tweede methode. Een bekend werkje is: „O. Sarrazin en H. Oberbeck, Taschenbuch zum Abstecken von Kreisbögen mit und ohne Uebergangskurven." Men vindt hierin tabellen, waarin voor de meest voorkomende stralen de lengte der ordinaten is opgegeven, welke behoren bij bepaalde lengten voor de abscissen.

§ 262. **Methode der verlengde koorde.**

Tenslotte nog een methode, die hoewel de minst nauwkeurige, zeer dikwijls groot gemak verschaft, omdat ze zeer snel en gemakkelijk tot het doel leidt.

In fig. 173 neemt men de punten A, E enz. zodanig, dat alle koorden eenzelfde lengte hebben, nl. die van de meetband.

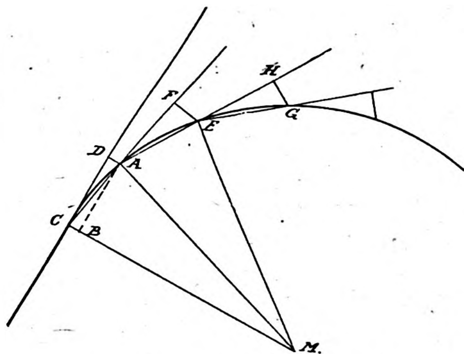


Fig. 173.

Het eerste punt A wordt als volgt bepaald:

Van de gelijkbenige △ A M C zijn de drie zijden bekend; stelt men de zijde A C = a en de straal = R, dan kan men in △ A M C oplossen C B en A B. Deze zijn nl.:

$$C B = \frac{a^2}{2 R} = A D \text{ en} \quad \ldots \ldots \quad (8)$$

$$A B = a \sqrt{1 - \frac{a^2}{4 R^2}} = C D \quad \ldots \ldots \quad (9)$$

Nadat het punt A op het terrein is aangegeven, wordt de meetband doorgetrokken in de richting C F en van het uiteinde van de band F een afstand F E uitgezet, gelijk aan 2 maal de afstand A D (bij benadering). Daarna wordt de meetband weer doorgetrokken in de richting A H en opnieuw het punt G bepaald door 2 maal A D uit te zetten.

In de practijk voert men dit uit, door een stok ter lengte van 2 × A D te nemen, waarmede de punten worden bepaald.

Men ziet onmiddellijk, dat de methode een snelle uitzetting bevordert,

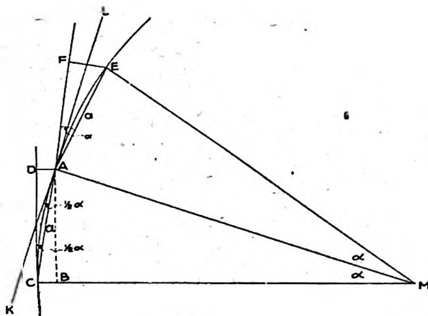


Fig. 174.

echter ten koste der nauwkeurigheid, daar elk nieuw punt bepaald wordt ten opzichte van een vorig, dat reeds een benaderde waarde kreeg. Een opstapeling der fouten is dus het gevolg.

Toch heeft men, vooral in een enigszins lastig terrein, hierin een gemakkelijk middel om in hoofdzaak de boog, wanneer slechts weinig punten nodig zijn, voorlopig aan te geven, om het tracé dan naderhand volgens een der eerst besproken methoden nauwkeurig en definitief uit te zetten.

In geaccidenteerd en met houtgewas begroeid terrein is de methode, als een voorlopige, soms aan te bevelen.

Verlangt men een nauwkeurige berekening van de afstanden A F en F E, dan is A F = a cos α en F E = a sin α. (zie fig. 174).

De hoek α is gelijk aan de middelpuntshoek, behorende bij de koorde a.

Nu is α te berekenen, want $\frac{A\,D}{A\,C} = \sin {}^1/_2\,\alpha$.

Neemt men als voorbeeld a = 10 en R = 100, dan blijkt dat A F bedraagt 9.95 en F E 0.997; de benaderde waarden zijn respectievelijk 10 en 1.

§ 263. Heeft men zeer lange bogen uit te zetten, dan maakt men bij voorkeur gebruik van de twee eerstgenoemde methoden, niet alleen omdat hierdoor grotere nauwkeurigheid wordt verkregen, doch ook omdat men bij deze methoden kan uitgaan van nauwkeurig bepaalde hoofdpunten. Zou nl. de raaklijn H S in fig. 169 een zodanige lengte verkrijgen, dat de laatst uit te zetten ordinaten minder nauwkeurig werden bepaald (door te lange ordinaten), dan kan men, bij het uitzetten bijv. van de boog H G, uitgaan zowel van H als van G, waardoor kortere ordinaten worden verkregen.

In zo'n geval is het dus nodig, dat ook de raaklijn K L nauwkeurig wordt aangegeven. De punten K en L worden als volgt bepaald:

$$H\,K = K\,G = G\,L = L\,F = R\,\text{tg.}\,{}^1/_4\,\beta \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (10)$$

Wordt deze waarde uitgezet op de raaklijnen H S en F S, dan moeten de punten K, G en L in eenzelfde rechte lijn zijn gelegen.

§ 264. Uit het voorgaande ziet men, dat alle berekeningen berusten op de lengte van de straal en de grootte van de middelpuntshoek. Deze laatste wordt dan weer afgeleid uit de grootte van de hoek door de raaklijnen gevormd. Is dit hoekpunt toegankelijk, dan kunnen de berekeningen onmiddellijk worden uitgevoerd. Is het hoekpunt niet toegankelijk, dan moet door het meten van andere hoeken de grootte van die hoek afgeleid worden.

Gesteld bijv. in fig. 175, dat het hoekpunt S niet toegankelijk is, dan kiest men op de beide raaklijnen twee punten A en B, zodanig, dat men in A en B de hoeken T A B en A B T' kan meten, terwijl men door lengtemeting de afstand A B bepaalt. Met deze gegevens kan men vervolgens berekenen de hoeken S A B en A B S, zomede de zijden A S en B S van △ A B S. Men behoeft nu slechts van uit A en uit B de afstanden A T en B T' uit te zetten, welke bekend zijn. (De lengte der raaklijnen kan nl. nu de hoek S bekend is, berekend worden op de bekende wijze).

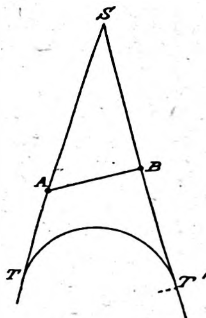


Fig. 175.

Is het terrein van die aard, dat men door lengtemeting niet de afstand A B kan bepalen, dan legt men een open veelhoek tussen de punten A en B, en berekent hiervan de coördinaten om zodoende de afstand A B, en de hoeken in A en B te bepalen.

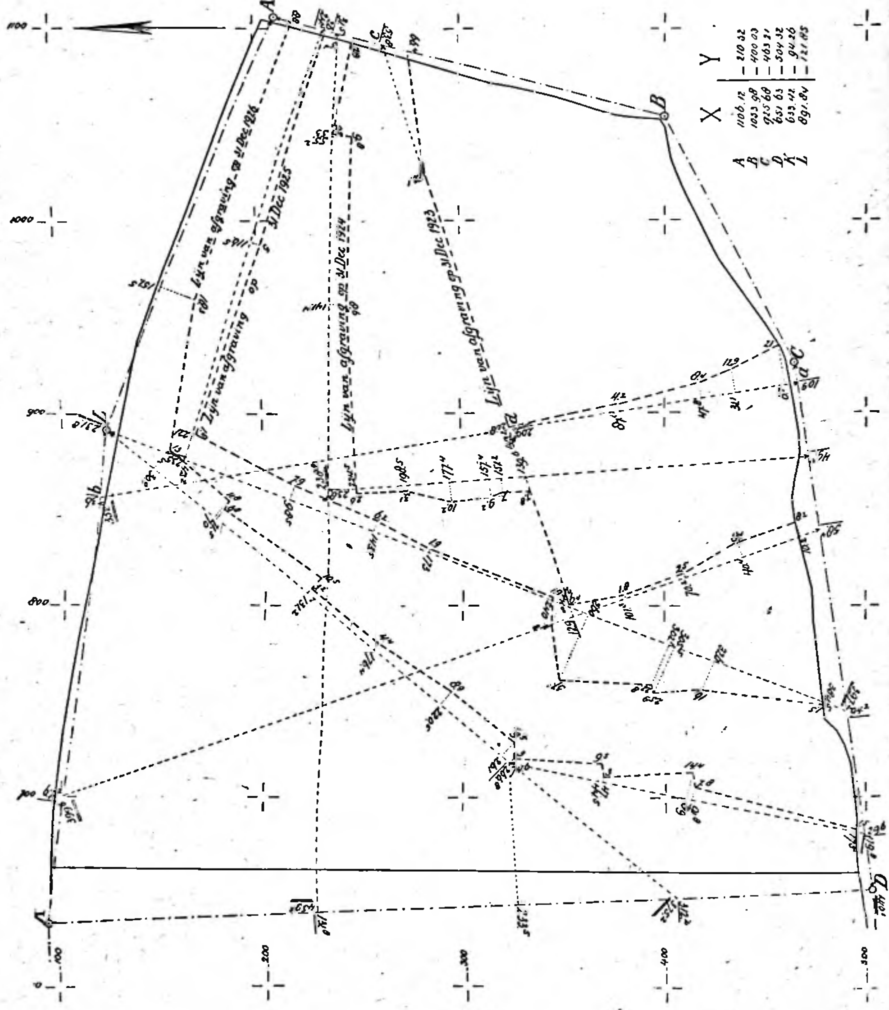

Lyn van afgraving op 31 Dec 1926
Lyn van afgraving op 31 Dec 1925
Lyn van afgraving op 31 Dec 1924
Lyn van afgraving op 31 Dec 1923
A
B
C
D
K
L
a
b
c
d
X | Y
A 1106.12 — 210.52
B 1033.98 — 400.03
C 925.68 — 463.21
D 651.65 — 504.32
K 633.42 — 94.26
L 891.84 — 121.85

Fig. 176.

§ 265. **Vervaardiging van kaarten, welke door veranderingen in het terrein, van tijd tot tijd moeten worden herzien.**

In zeer veel gevallen worden kaarten vervaardigd van terreinen, welke in de loop der jaren voortdurend van karakter veranderen; woeste gronden worden ontgonnen, waterlopen gegraven, wegen aangelegd, gebouwen gesticht, kortom er ontstaan wijzigingen, die een toestand scheppen, welke totaal afwijkt van de oorspronkelijke.

Wenst men de oorspronkelijke kaart op gezette of willekeurige tijden bij te werken, dan dient reeds bij de eerste opmeting van het terrein hiermede rekening te worden gehouden, opdat de bijwerking op juiste gronden berust. Het net van meetlijnen moet dan zodanig zijn, dat zonder moeite steeds de meetlijnen op het terrein kunnen worden gereconstrueerd.

Gelijk bekend mag worden ondersteld, berust de jaarlijkse bijhouding der kadastrale kaarten bij de Kadastrale Dienst. De meetlijnen steunen daarbij op punten, vastgelegd in het stelsel der Rijksdriehoekmeting, zodat het onderlinge verband tussen de metingen over het gehele land bewaard blijft.

Het ligt echter niet in de bedoeling van dit boek om verder in te gaan op deze metingen voor kadastrale toepassingen; wel zal aan de hand van een voorbeeld worden nagegaan hoe in overeenkomstige gevallen gehandeld dient te worden.

Een dergelijk geval is voorgesteld in fig. 176.

Het betreft hier een uiterwaard, waar jaarlijks afgravingen plaats vinden van klei ten behoeve van een steenfabriek. De fabriek betaalt een vaste prijs per m^3 voor de vergraven grond en aan het eind van elk jaar wordt de hoeveelheid vergraven grond opgemeten en verrekend.

Vóór met het kleigraven werd aangevangen, werd een nauwkeurige kaart van het terrein vervaardigd. Bij de opmeting werd zorg gedragen, dat de veelhoekspunten zoveel mogelijk buiten het af te graven terrein werden gekozen, ten einde te voorkomen dat tijdens de afgraving punten werden verstoord.

De veelhoekspunten werden ondergronds aangeduid met een tegel, voorzien van twee elkaar snijdende groeven en op het snijpunt werd een draineerbuis van 5 cm lichtwijdte geplaatst; de buis werd van boven afgedekt met een vlakke klinker en de bovenkant van de buis lag ongeveer 30 cm onder de begane grond. Aan de hand van de aanwezige betonheiningpalen rondom de waard en andere terreinscheidingen werd de plaats van elk veelhoekspunt nauwkeurig beschreven, en „aangemeten", ten einde het gemakkelijk terug te kunnen vinden.

Vervolgens werd het terrein gewaterpast. Dit geschiedde op overeenkomstige wijze als in § 197 wordt beschreven; de onderlinge afstanden bedroegen 10 m.

De waterpassing werd aangesloten aan N.A.P.; zij werd vastgelegd aan enige vaste punten, daartoe aangebracht aan huizen, gelegen in de onmiddellijke nabijheid van het terrein.

Op het eind van 1923 was het deel vergraven als in de figuur is aangegeven; die grens moest nu op het terrein worden opgemeten. Daartoe

werden eerst de nodige veelhoekspunten ontgraven en de veelhoekszijden uitgezet. Vervolgens werd de meetlijn a b uitgezet en daarna de meetlijn c d.

Met behulp van die meetlijnen kon nu de grens van het afgegraven deel (een steile kant) worden opgemeten en daarna in kaart gebracht. Vervolgens vond een waterpassing plaats van het afgegraven deel.

Met de aldus verzamelde gegevens was het nu mogelijk om de juiste hoeveelheid grond te berekenen. De oppervlakte van het afgegraven terrein werd gevonden door meting op de kaart en de gemiddelde dikte van de vergraven kleilaag uit de uitkomsten der verrichte waterpassingen voor en na de vergraving.

Dezelfde werkwijze herhaalde zich nu in de volgende jaren en uit de tekening ziet men op welke wijze elk jaar een stelsel van meetlijnen werd ingelegd om de in dat jaar ontstane grens van afgraving te kunnen opmeten.

(Opgemerkt zij hierbij nog, dat het aanbeveling verdient om na de gehele afgraving van een waard deze nogmaals te waterpassen, opdat een contrôle-berekening kan worden uitgevoerd van hetgeen in de verschillende jaren werd verrekend).

§ 266. Uit bovenstaande moge het duidelijk zijn geworden, dat bij het opmeten van terreinen, waar de mogelijkheid bestaat, dat bestaande perceelgrenzen in de loop der jaren kunnen veranderen, de meting steeds zo behoort te worden verricht, dat in elk geval de hoofdpunten van het net van meetlijnen steeds met volkomen zekerheid op het terrein zijn te reconstrueren.

Worden in de loop der jaren bouwwerken gesticht op het terrein, dan kunnen deze, na nauwkeurige opmeting en in kaart brenging, eveneens weer gebruikt worden om daaraan meetlijnen vast te leggen voor latere bijwerkingen van de kaart.
